Aus der Abteilung Pädiatrische Kardiologie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. J. Apitz
der Kinderklinik der Universität Tübingen

Submaximale Kurzzeit-Intervallbelastung am Fahrradergometer bei herzgesunden Schulkindern

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
ANNETTE WALZ
aus Tübingen

1984

Aus der Abteilung Pädiatrische Kardiologie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. J. Apitz
der Kinderklinik der Universität Tübingen

Submaximale Kurzzeit-Intervallbelastung am Fahrradergometer bei herzgesunden Schulkindern

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
ANNETTE WALZ
aus Tübingen

1984

Dekan:	Professor Dr. D. Plester
1. Berichterstatter:	Professor Dr. J. Apitz
2. Berichterstatter:	Professor Dr. H. Seboldt

gedruckt bei H.-J. Köhler · Reprografischer Betrieb · Tübingen

Inhaltsverzeichnis

Seite

I. Einleitung 1

II. Problemstellung und Methodik
1. Anwendungsbereiche ergometrischer Untersuchungen 2
2. Arten von Belastungsuntersuchungen 3
3. Beschreibung der hier durchgeführten Untersuchungsmethode 4

III. Probanden
1. Jungen 5
2. Mädchen 7
3. Motivation der Kinder zur aktiven Mitarbeit 9

IV. Beschreibung der verwendeten Apparatur
A) Geräte für die Versuchsdurchführung 10
B) Geräte zur Auswertung der Bänder 11

V. Untersuchungsgang und Auswerteverfahren 12

VI. Ergebnisse
1. Anmerkungen zur körperlichen Entwicklung 18
2. Überprüfung der Untersuchungsreihe im Hinblick auf die beabsichtigte Ermittlung von Normwerten 19
3. Verhalten der mittleren Herzfrequenz 19
4. Verhalten des Mittelwerts des syst. und diast. Blutdrucks 21
5. Verhalten der mittleren Austreibungszeit LVET 23

Seite

6. Verhalten des Mittelwerts der absoluten QT-Zeit 24
7. Abhängigkeit der Herzfrequenz von der Belastung in Watt/kg 26
8. Abhängigkeit der Austreibungszeit (LVET) von der Belastung in Watt/kg 28
9. Abhängigkeit des syst. Blutdrucks bzw. der Amplitude von der Belastung in Watt/kg 29
10. Abhängigkeit der absoluten QT-Zeit von der Belastung in Watt/kg 31
11. Beziehung zwischen Austreibungszeit und Frequenz am Belastungsende 31
12. Beziehung zwischen absoluter QT-Zeit und Frequenz am Belastungsende 32
13. Verhalten des mittleren relativen Schlagvolumens 33
14. Verhalten des mittleren relativen Herzminutenvolumens 34
15. Beziehung zwischen syst. Blutdruck und Frequenz am Belastungsende 35
16. Zusammenhang zwischen LVET und $\overline{RR}$-Intervall am Belastungsende 36
17. Zusammenhang zwischen absoluter QT-Zeit und Belastung in Watt/qm 37
18. Beziehung zwischen den auf den einzelnen Belastungsstufen maximal erreichten Werten des Schlagvolumens und des Herzminutenvolumens . 38
19. Beziehung zwischen Blutdruckamplitude und Schlagvolumen am Belastungsende 39
20. Häufigkeitsverteilung des diast. Blutdrucks in Ruhe und am Ende der einzelnen Leistungsstufen 40

Seite

21. Häufigkeitsverteilung der UCD am Belastungsende 41
22. Häufigkeitsverteilung des Herzminutenvolumens am Ende der verschiedenen Belastungsstufen 42

VII. Diskussion der Ergebnisse unter Berücksichtigung der in der Literatur beschriebenen Belastungsuntersuchungen
1. Betrachtung der körperlichen Entwicklung . . . 43
2. Beziehung zwischen Maximalbelastung einerseits und Alter bzw. körperlicher Entwicklung andererseits 44
3. $\overline{RR}$-Intervall bzw. Herzfrequenz 46
4. Blutdruck 52
5. Austreibungszeit (LVET) 55
6. UCD als Maß der Widerstandsänderung im Thoraxbereich in Abhängigkeit vom pulsatilen Anteil des dortigen Blutvolumens 55
7. Schlagvolumen 57
8. Beziehung zwischen Schlagvolumen und Herzminutenvolumen unter Betrachtung der zur jeweiligen Belastungsstufe gehörigen Maximalwerte 61
9. Beziehung zwischen Blutdruckamplitude und Schlagvolumen am Ende der Belastung 61
10. Trainingseinfluß auf das Leistungsverhalten 62
11. Transkutane Messung der arteriellen O_2-Sättigung 65
12. Spiroergometrie 66
13. Kinder mit Mitralklappenprolaps (MKP) 68
14. Belastungsuntersuchungen in medizinischer und sportmedizinischer Hinsicht 69

Seite

15. Pulsverhalten bei psychischer Anspannung 75
16. Belastungsuntersuchungen bei herzkranken Kindern 76

VIII. Zusammenfassung 79

IX. Abkürzungsverzeichnis 84

X. Literaturverzeichnis 85

XI. Tabellarischer Anhang 98

I. Einleitung

Mit der vorliegenden Arbeit wird beabsichtigt, einige Besonderheiten in der Anwendung fahrradergometrischer Untersuchungen im Kindesalter darzustellen. Desweiteren soll die Ermittlung von Normwerten an Herzgesunden erfolgen, um dadurch eine Vergleichsbasis für entsprechende Untersuchungen an herzkranken Kindern zu erhalten.
Die Ergebnisse aus der Literatur werden dabei unter weitgehendem Verzicht auf eine kritische Wertung insoweit hinzugezogen, als sie für die obengenannte Fragestellung relevant erscheinen. Durch diese Arbeit sollen in erster Linie die experimentellen Daten dargelegt werden, wobei es weiteren Untersuchungen überlassen bleibt, inwieweit das hier vorgeschlagene Belastungsverfahren sich in der praktischen Anwendung bei herzkranken Kindern bewährt.

II. Problemstellung und Methodik

1. Anwendungsbereiche ergometrischer Untersuchungen

Hinsichtlich ergometrischer Untersuchungen lassen sich verschiedene Anwendungsbereiche unterscheiden:

a) Erwachsenenmedizin (2, 3, 28, 70, 87, 96)
Im Erwachsenenalter werden Belastungsuntersuchungen vor allem bei Koronarpatienten durchgeführt im Gegensatz zum Kindesalter, wo die koronare Herzkrankheit praktisch keine Rolle spielt, dagegen die angeborenen Herzkrankheiten von großer Bedeutung sind.

b) Mobilisation und Rehabilitation
Auch in diesem Bereich wurden zur systematischen kontrollierten Überwachung von Koronar- und Infarktpatienten diagnostische und rehabilitative Untersuchungsprogramme unter Einsatz von Belastungsuntersuchungen entwickelt.

c) Sportmedizin (71, 83, 90)
Um die Reaktion von seiten des Herz-Kreislaufsystems unter standardisierter Belastung zu beurteilen, werden auch im sportmedizinischen Bereich ergometrische Untersuchungen durchgeführt.

d) Arbeitsmedizin
Hier interessiert die Herz-Kreislaufreaktion z. B. im Hinblick auf die Übernahme einer neuen Arbeitsstelle, was vor allem bei älteren Menschen wichtig sein kann.

e) Beurteilung des Trainingszustandes (71)
Dieser Gesichtspunkt erweist sich bei regelmäßig trainierenden Menschen wie z. B. Hochleistungssportlern als nützlich, um deren Trainingszustand mit Hilfe standardisierter Methoden genauer erfassen zu können.

2. Arten von Belastungsuntersuchungen

In der Literatur werden unterschiedliche Belastungsarten sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern beschrieben, deren Standardisierung teilweise nur sehr schwer möglich ist mit der Folge einer großen Streuung der Meßdaten innerhalb der betrachteten Gruppe.

Folgende Belastungsarten lassen sich unterscheiden:
a) Kniebeugen (69)
b) Treppensteigen (64)
c) Entlanglaufen eines langen Flurs
d) Stuhlbesteigungen
Diese vier Untersuchungsarten sind schlecht reproduzierbar und sollten daher zugunsten anderer, besser standardisierbarer Methoden nicht mehr angewendet werden.
e) Stufentests (28, 35, 51)
f) Handkurbelergometrie (13, 52)
g) Fahrradergometrie
Hierbei kommen verschiedene Methoden bzw. Belastungsprofile in Betracht (92):
stufenförmige Steigerung mit oder ohne Erholungspausen
kontinuierliche Steigerung mit oder ohne Erholungspausen
steady-state-Untersuchung auf nur einer Belastungsstufe
h) Laufbandbelastung (39, 67, 94):
Belastung auf waagrechtem Laufband
Belastung mit schrägem Laufband

3. Beschreibung der hier durchgeführten Untersuchungsmethode

Bei der hier angewandten Untersuchung handelt es sich um eine Kurzzeitbelastung mittels Fahrradergometrie, die bei 96 Jungen und 89 Mädchen im Alter von 5,5 bis 15,5 Jahren durchgeführt wurde. Es erfolgten bei jedem Kind 3 bzw. 4 einminütige Belastungen, die jeweils um 0,5 oder 1 Watt/kg gesteigert wurden und von zweiminütigen Erholungsphasen unterbrochen waren, lediglich die letzte Entspannungsphase dauerte insgesamt 3 - 5 Minuten.

Während der Versuchsdurchführung wurde kein steady-state bezüglich der betrachteten Größen erreicht und auch nicht angestrebt im Gegensatz zu den Untersuchungsmethoden vieler anderer Autoren.

Die Standardisierung der Belastungsintensität wurde folgendermaßen festgelegt:

1. Belastungsstufe: ca. 1 Watt/kg Körpergewicht
2. Belastungsstufe: ca. 2 Watt/kg Körpergewicht
3. Belastungsstufe: ca. 3 Watt/kg Körpergewicht
4. Belastungsstufe: ca. 3,5 - 4,0 Watt/kg Körpergewicht

III. Probanden

1. Jungen

a) Gesamtzahl:
Insgesamt wurden 96 Knaben im Alter von 4,5 - 15,5 Jahren untersucht, wobei allerdings die Altersgruppe der 4,5 - 5,5jährigen nicht näher betrachtet wurde.

b) Altersaufgliederung
Folgende Tabelle zeigt die Einteilung der Knaben in verschiedene Altersgruppen:

Altersgruppen in Jahren	Anzahl	Altersgruppen in Jahren	Anzahl
4.5 - 5,5	2	10,5 - 11,5	16
5,5 - 6,5	4	11,5 - 12,5	11
6,5 - 7,5	7	12,5 - 13,5	10
7,5 - 8,5	8	13,5 - 14,5	9
8,5 - 9,5	12	14,5 - 15,5	5
9,5 - 10,5	12		
		Summe	96

c) Aufgliederung der Jungen nach Trainings- und Gesundheitszustand.

stationäre und ambulante Patienten der Kinderklinik	untrainierte Kinder, nicht aus der Kinderklinik
36 Jungen	19 Jungen
davon	davon
8 Diabetiker	17 Kinder mit ausschließlich Schulsport
13 herzgesunde Kinder aus der kardiologischen Ambulanz	2 Kinder noch nicht schulpflichtig
15 Kinder mit sonstigen Beschwerden, wie Bronchitis, Adipositas, Tumor usw.	

trainierte Kinder mit teilweise Leistungssport, nicht aus der Kinderklinik	Kinder mit Mitralklappenprolaps
36 Jungen	5 Jungen
davon	davon
28 Schwimmer	2 x Marfansyndrom
3 x Judo, 1 x Karate	1 x minimal brain dysfunction
5 x Fußball	
13 x Basketball	
9 x sonstige Sportarten	
Ein Teil der eingeordneten Kinder betreibt gleichzeitig mehrere Sportarten	

1. Mädchen

a) Gesamtzahl:
Die Gesamtzahl der hier untersuchten Mädchen belief sich auf 89 Kinder im Alter von 5,5 - 16,5 Jahren, wobei lediglich die 5,5 - 15,5jährigen bei der Darstellung der Ergebnisse berücksichtigt wurden.

b) Altersaufgliederung
Folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Mädchen auf verschiedene Altersgruppen:

Altersgruppen in Jahren	Anzahl	Altersgruppen in Jahren	Anzahl
5.5 - 6,5	2	10,5 - 11,5	14
6,5 - 7,5	8	11,5 - 12,5	10
7,5 - 8,5	12	12,5 - 13,5	11
8,5 - 9,5	12	13,5 - 14,5	7
9,5 - 10,5	9	14,5 - 15,5	3
		15,5 - 16,5	1
		Summe	89

c) Aufgliederung der Mädchen nach Trainings- und Gesundheitszustand.

stationäre bzw. ambulante Kinder	untrainierte Kinder, nicht aus dem Klinikbereich
28 Mädchen	13 Mädchen
davon	davon
6 Diabetiker	11 x Schulsport
4 herzgesunde Kinder aus der Herzambulanz	2 x Ballett
18 Kinder mit anderen Beschwerden, z. B Zustand nach Meningitis, Tumor	2 Kinder noch nicht schulpflichtig

trainierte Kinder mit teilweise Leistungssport, nicht aus dem Klinikbereich	Kinder mit Mitralklappenprolaps
34 Mädchen	14 Mädchen
davon	davon
29 x Schwimmen	1 x Marfan-Syndrom
5 x Basketball	3 x ausgeprägte Extrasystolie
15 x Turnen bzw. Gymnastik	
1 x Tennis	
ein größerer Teil der hier eingeordneten Mädchen betreibt gleichzeitig mehrere Sportarten	

3. Motivation der Kinder zur aktiven Mitarbeit.

Bei den untersuchten Kindern zeigte sich teilweise eine unterschiedliche Motivation bezüglich der Mitarbeit, die u. a. von der Einstellung der Eltern, die ihre Kinder in die Klinik brachten, abhing. Während die Kinder von den Stationen im allgemeinen in Abwesenheit der Eltern belastet wurden, erfolgte bei den übrigen Kindern mit Ausnahme einiger älterer die Belastung im Beisein von zumeist einem Elternteil. Beispielsweise spielte bei vier Kindern der Ansporn durch die ehrgeizige Mutter eine sehr bedeutende Rolle im Hinblick auf die von ihnen erbrachte Leistung, so daß diese Kinder die höchsten Werte bezüglich der absoluten und relativen Leistung erreichten. Einige der anderen Kinder, vor allem aus dem stationären Bereich, verloren relativ frühzeitig die Lust und wollten den Versuch abbrechen, obwohl sie wahrscheinlich noch zu einer höheren Leistung imstande gewesen wären. Zwei Belastungsstufen wurden grundsätzlich von allen Kindern bewältigt, auch von den kleinsten; zu einer dritten Belastung waren ebenfalls fast alle Kinder in der Lage, lediglich bei einigen der kleineren Kinder bzw. bei einem Zwischenfall mit Übelkeit mußte darauf verzichtet werden. Die vierte Belastung konnte nur noch bei einem geringeren Teil der Kinder durchgeführt werden und blieb daher bei der Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen unberücksichtigt.

IV. Beschreibung der verwendeten Apparatur

A) Geräte für die Versuchsdurchführung

1. Für die hier durchgeführte Untersuchung wurde ein Fahrradergometer des Typs EM 369 der Firma Elema-Schönander, Solma Schweden (17) verwendet. Obwohl das Ergometer auch in liegender Position getreten werden kann, wurde die aufrechte Lage für die Belastung bevorzugt.
Sattel und Lenkstange sind verstellbar.

2. Zu Beginn der Untersuchungsreihe wurde der Blutdruck auf manuelle Weise nach Riva-Rocci gemessen, wobei zwei verschiedene Manschetten Verwendung fanden, eine schmalere von 8 cm Breite für die jüngeren und eine breitere von 12 cm für die älteren Kinder.

3. Bei einem Teil der Patienten wurde der Elektrokardiograph des Typs C 6800 der Firma Fritz Schwarzer GmbH, München eingesetzt. Dabei handelte es sich um einen 6-Kanal-Schreiber. Desweiteren verwendeten wir gewöhnliche Klebeelektroden mit daran angebrachten Arbo-Kleberingen zur Ableitung der elektrischen EKG-Potentiale des Herzens. Später wurde dann eine 3-Elektrodenableitung mit Position handelsüblicher Klebeelektroden über dem Manubrium sterni und der lateralen Thoraxwand beidseits verwendet.

4. Ferner wurden eingesetzt: ein Bandgerät mit der Bezeichnung Instrumentation Recorder 3960 Hewlett Packard, um die EKG- und Impedanzkardiographie-Signale (IDK) auf Band zu speichern.

5. Für die Impedanzkardiographie fand der Minnesota-Impedanz-Kardiograph Modell 304 A Anwendung.

6. Zur EKG-Registrierung wurde zusätzlich ein Einkanal-

EKG-Schreiber der Firma Hellige eingesetzt.

7. Mithilfe des Telequipment DM 63 2-Kanal-Speicheroszilloskops 5111 konnten EKG und IKG direkt sichtbar auf einem Schirm dargestellt werden.

8. Neben der manuellen Blutdruckmessung erfolgte bei einem Teil der Kinder eine automatische Ermittlung des Blutdrucks mit Hilfe des "boso-graphen" der Firma Bosch und Sohn, Jungingen (7).

9. Bei einigen wenigen Kindern wurde eine transkutane O_2-Messung mithilfe des Oximeters Hewlett-Packard Modell 47201 A durchgeführt.

B) Geräte zur Auswertung der Bänder

1. Zum erneuten Abspielen der Bänder wurde wiederum der Instrumentation Recorder 3960 Hewlett Packard eingesetzt.

2. Desweiteren fand ein vom Institut für biomedizinische Technik in Stuttgart entwickelter Herzanalysator Verwendung.

3. Die direkte Darstellung der EKG- und IKG- Kurven erfolgte mit dem bereits oben erwähnten Oszilloskop.

4. Mit Hilfe des Honeywell CRT - Visicorders Modell 1858 konnten das EKG, das IKG und die aus ihnen durch den Herzanalysator ermittelten Größen wie Frequenz, Austreibungszeit (LVET), Widerstandsänderung (UCD), relatives Schlagvolumen und relatives Herzminutenvolumen dargestellt werden, sowohl direkt sichtbar auf einem Schirm als auch auf einem fotosensiblen Registrierpapier. Dabei erfolgte die Aufzeichnung der obengenannten Parameter entweder in beat-to-beat-Form oder als gemittelte Kurven.

V. Untersuchungsgang und Auswerteverfahren

1. Zunächst wurde vor Beginn der Untersuchung von jedem Kind das Alter, die Körpergröße und das Körpergewicht ermittelt. Die Bestimmung der Körperoberfläche erfolgte später anhand eines Nomogramms, außerdem wurde das Produkt Körpergewicht x Körpergröße berechnet. Desweiteren wurden die absoluten Leistungsstufen (Watt) in relative Belastungen umgerechnet unter Bezug auf das Alter, das Gewicht, die Größe und die Körperoberfläche.
Die fahrradergometrische Belastung wurde nach dem eingangs erwähnten Prinzip als intermittierende, stufenweise Kurzzeitbelastung durchgeführt.

2. Die Ermittlung des Blutdrucks erfolgte nach der auskultatorischen Methode über der rechten Arteria brachialis in der Ellenbeuge (Riva-Rocci) bzw. mit Hilfe des Bosographen unter Verwendung der passenden Manschettengröße. Die Messung wurde jeweils in Ruhe, unmittelbar am Ende jeder Belastungsstufe und kurz vor der darauffolgenden durchgeführt. Während der letzten Erholungsphase erfolgte noch eine zusätzliche Bestimmung des Blutdrucks nach 3 - 5 minütiger Entspannung.

3. Von jedem Kind wurde zunächst ein Ruhe-EKG geschrieben; desweiteren erfolgte nach jeder Belastungsstufe eine fortlaufende EKG-Registrierung während der Erholung, lediglich in der letzten Entspannungsphase dauerte die Registrierung 3 - 5 Minuten. Zu Beginn jeder Registrierung betrug der Papiervorschub 50 mm/s, nach 20 Sekunden wurde auf eine Geschwindigkeit von 25 mm/s umgeschaltet.

4. Die hier durchgeführte Ergometrie erfolgte im Sitzen, nach Möglichkeit bei genau angepaßter Sattelhöhe. Bezüglich der Umdrehungszahl mußten die Kinder einen Wert von ca. 50 Umdrehungen pro Minute einhalten.

5. Während der gesamten Untersuchungsdauer erfolgt die EKG-Registrierung auf einem Analogband bei gleichzeitiger Darstellung des Kurvenverlaufs auf dem Oszilloskopschirm aus Überwachungsgründen. Mit Hilfe des einkanaligen EKG-Schreibers wurde das Elektrokardiogramm zusätzlich noch auf konventionelle Weise auf Papier registriert, falls aufgrund einer nicht geglückten Bandaufzeichnung eine manuelle Auswertung erforderlich würde.

6. Die IKG-Kurve (dz/dt = 1. Ableitung der Impedanzänderung Δz) wurde sowohl auf Band gespeichert als auch zur laufenden Sichtkontrolle auf dem Oszilloskopschirm dargestellt.

7. Bei einer geringeren Anzahl von Kindern erfolgte eine Aufzeichnung der Atmung während der gesamten Untersuchungsdauer. Dabei wurde der Versuch unternommen, die Atmungskurve zu eichen. Durch gleichzeitige Bandregistrierung, Darstellung auf dem Oszilloskopschirm und absolute Messung des ausgeatmeten Volumens mit Hilfe eines Spirometers sollte die Atemkurve auf dem Schirm geeicht werden. Hierbei ergab sich auch bei unveränderter Elektrodenlage keinerlei Beziehung zwischen ausgeatmetem Volumen (ml) und Amplitudenhöhe der durch die Impedanzmethode ermittelten Atemkurve. Bei einer gelungenen Eichung hätte man nicht nur die absoluten Atemzugvolumina, sondern zugleich mit Hilfe der Atemfrequenz auch das Atemminutenvolumen auf indirekte, nicht eingreifende Weise bestimmen können im Gegensatz zur Spiroergometrie, die mit erheblicherem Arbeitsaufwand verbunden ist und für den Probanden gleichzeitig mehr oder weniger belästigend ist. Somit läßt sich also mittels der Atemkurve lediglich die Frequenz ermitteln.

8. Bei einigen Kindern wurde die Grundimpedanz z_0 ebenfalls auf Band aufgenommen. Im übrigen erfolgte durch das

Impedanzgerät eine digitale Anzeige der Grundimpedanz z_0, so daß diese direkt abgelesen werden konnte. Dabei wurden die entsprechenden Werte in Ruhe sowie am Ende jeder Belastung und jeder Erholungsphase abgelesen.

9. Die transkutane Messung der O_2 - Sättigung des Blutes am hyperämisierten Ohr erfolgte nur bei wenigen Kindern. Bei keinem von ihnen kam es zur Abnahme der mit dieser Methode ermittelten O_2 - Sättigung unter Belastung, was bei einer derartig kurzen Untersuchungsdauer und Ausschluß von Kindern mit Rechts-Links-Shunt und pulmonalen Erkrankungen auch nicht zu erwarten war.

10. Während die beiden oberen Impedanzstreifen im Nacken angebracht wurden, wurde der untere innere Streifen in Höhe des unteren Endes des Schwertfortsatzes am Rücken festgeklebt, der untere äußere im Abstand von ca. 5 cm unterhalb des vorigen. Die Abstände zwischen den äußeren bzw. den inneren Impedanzstreifen wurden jeweils von der Streifenmitte ausgehend gemessen. In diesem Zusammenhang ist vor allem der Abstand zwischen den beiden inneren Streifen von Bedeutung, um gegebenenfalls mit Hilfe der von Kubicek angegebenen Formel den absoluten Wert des Schlagvolumens bestimmen zu können. Auf diese Berechnung wurde u. a. auch deshalb verzichtet, weil diese Formel in der Literatur vielfach kritisiert wird und somit anzunehmen ist, daß durch sie nicht der wahre absolute Wert des Schlagvolumens berechnet werden kann.

11. Zur Auswertung der EKG- und IKG-Kurve wurde der Herzanalysator eingesetzt, der folgende Parameter ermittelte.

a) das $\overline{RR}$-Intervall, also der Abstand zwischen zwei Herzschlägen im EKG.

b) die Größe UCD, die der Amplitude im IKG entspricht. Die

UCD, die unter anderem vom pulsatilen Anteil des Blutgehalts im Thoraxbereich abhängig ist, stellt ein Maß für die Widerstandsänderung im Thorax dar.

c) die Austreibungszeit LVET, die aus dem Abstand zwischen dem Beginn der größten Anstiegsgeschwindigkeit und dem negativen Umkehrpunkt des Abfalls der in der dz/dt-Kurve nach oben gerichteten Zacke ermittelt wird.

d) eine Relativgröße des Schlagvolumens, dessen Berechnung mit Hilfe der beiden Größen UCD und LVET erfolgte.

e) das relative Herzminutenvolumen auf der Basis des bereits ermittelten relativen Schlagvolumens und $\overline{RR}$-Intervalls.

12. Die IKG- und EKG-Kurven wurden auf dem Oscilloskopschirm aufgezeichnet, was vor allem deshalb von Bedeutung war, weil die Anspannungszeit sich während des Untersuchungsablaufs ständig geändert hatte und daher beim Abspielen der Bänder andauernd einer manuellen Nachregulierung bedurfte. Das Ende der Anspannungszeit fällt mit dem Zeitpunkt der größten Anstiegsgeschwindigkeit des positiven Ausschlags der dz/dt-Kurve zusammen und entspricht somit dem Beginn der Austreibungszeit. Die Übereinstimmung dieser nicht invasiv ermittelten systolischen Zeitintervalle mit anderen z. B. aus Tipkatheteruntersuchungen oder dem Echocardiogramm ermittelten Werten ist in der Literatur belegt (5).

13. Auf dem Schirm des Honeywell CRT-Visicorders bzw. auf dem photosensiblen Registrierpapier (Papiergeschwindigkeit 2,5 mm/s) wurden folgende Kurven aufgezeichnet:

a) IKG als analoge Aufzeichung
b) UCD mit LVET in Form einer Rechteckkurve

c) LVET
d) $\overline{RR}$-Intervall
e) Schlagvolumen
   Für die zuletzt genannten 3 Größen erfolgte jeweils eine beat-to-beat-Darstellung mittels einer Rechteckkurve.
f) HMV als gemittelter Kurvenzug

14. Die auf dem Schreiberpapier aufgezeichneten Kurven und ihre automatische Vermessung wurden durch manuelle Auswertung kontrolliert. Die Eichung des $\overline{RR}$-Intervalls erfolgte mittels des gleichzeitig dargestellten Elektrokardiogramms bei einer Papiergeschwindigkeit von 25 mm/s. Zunächst wurde das $\overline{RR}$-Intervall in Ruhe ausgemessen, anschließend jeweils nach 15, 30 - 40 und 60 Sekunden während jeder Belastung. In den Erholungsphasen wurden zur Ermittlung des $\overline{RR}$-Intervalls die gleichen Zeitpunkte gewählt. Hinzu kam lediglich ein 2-Minutenwert und während der letzten Entspannungsphase noch ein 4-Minutenwert, d. h. also das $\overline{RR}$-Intervall nach 2- bzw. 4minütiger Erholung. Die Wahl der Zeitpunkte in dieser Weise hat den Vorteil, daß diese dort am nächsten beieinanderliegen, wo auch die ausgemessenen Parameter die größte Änderung, d. h. die größte Steilheit aufweisen. Der 30 - 40 Sekunden-Wert in der Entspannungsphase wurde empirisch als der Zeitpunkt ermittelt, der bei allen Probanden unmittelbar vor der Gegenregulation mit z. T. erheblicher vegetativer Arrhythmie lag.

15. Die LVET wurde ebenfalls bei einer Papiergeschwindigkeit von 25 mm/s geeicht, allerdings mit Hilfe der Rechteckkurve der UCD; im übrigen erfolgte das Abmessen zu den gleichen Zeitpunkten wie bereits beim $\overline{RR}$-Intervall aufgeführt.

16. Bezüglich der UCD wurde der Ruhewert gleich 100 Pro-

zent gesetzt und alle übrigen Werte darauf bezogen, so daß es sich also um relative und nicht um absolute Meßdaten handelte.

17. Für das Schlagvolumen und das Herzminutenvolumen gilt dasselbe wie für die UCD, d. h. wiederum entspricht der Ruhewert 100 Prozent, und bei den restlichen während der Versuchsdurchführung auftretenden Werten handelt es sich lediglich um relative Daten.

18. Da während der automatischen Blutdruckmessung die entsprechenden Werte für den syst. und diast. Blutdruck auf Papier aufgezeichent wurden, war auch hier eine manuelle Auswertung erforderlich, jeweils zu den bereits oben angegebenen Zeitpunkten bezüglich der Ermittlung der Blutdruckwerte.

VI. Ergebnisse

1. Anmerkungen zur körperlichen Entwicklung

Zunächst wurde überprüft, ob die Jungen und Mädchen bezüglich der Größen- und Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit vom Alter im Normalbereich lagen. Dazu fanden die bei v. Harnack (1977; 2 - 3) (21) abgebildeten Perzentilenkurven Verwendung. Von den zur Normalgruppe hinzugerechneten Jungen zeigten lediglich 2 der Knaben eine geringfügige Abweichung nach oben bzw. unten hinsichtlich ihrer Gewichtsentwicklung. Bei den Mädchen war nur für eines ein etwas unterhalb der 3. Perzentile liegender Wert zu verzeichnen.
Bezüglich der Größenentwicklung in Abhängigkeit vom Alter konnte sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen eine Verschiebung nach oben festgestellt werden, was darin zum Ausdruck kommt, daß keines der Kinder unterhalb der zweifachen Standardabweichung zu finden war, dagegen 3 der Knaben und sogar 6 der zur Normalgruppe gehörenden Mädchen oberhalb der 97. Perzentile. Zwischen der 3. und 10. Perzentile befanden sich bei beiden Geschlechtern weitaus weniger Werte als zwischen der 90. und 97. Perzentile. Dieses Ergebnis könnte auf eine immer noch nicht abgeschlossene Akzeleration der Kinder zurückzuführen sein, wobei die hier verwendeten Perzentilenkurven (21) sich allerdings nicht mehr auf dem neuesten Stand befinden. Beim Gewicht kam diese Verschiebung nach oben weniger deutlich zum Ausdruck. Auch die Betrachtung der Beziehung zwischen Größe und Gewicht ergab, daß sämtliche Jungen und Mädchen der Normalgruppe innerhalb der zweifachen Standardabweichung lagen mit Ausnahme eines Jungen und eines Mädchens, die sich ganz geringfügig außerhalb des Normbereichs bewegten, d. h. auf ihre Größe bezogen etwas zu schwer waren.

2. Überprüfung der Untersuchungsreihe im Hinblick auf die beabsichtigte Ermittlung von Normwerten

Es wurde bei der Auswahl der in 10-Watt-Stufen einstellbaren Belastung angestrebt, eine dem Entwicklungsstand gesunder Kinder angepaßte und auf herzkranke Kinder übertragbare standardisierte Belastung im submaximalen Bereich anzubieten. Inwieweit die praktische Durchführung dieser Absicht Rechnung trug, wurde nach Abschluß der Untersuchungsreihe anhand der ermittelten Ergebnisse überprüft (s. Tabelle 1 und 2).
Es wurde für jede Altersgruppe, getrennt nach Geschlecht, der Mittelwert einschließlich der Standardabweichung für das Alter, das Gewicht und die einzelnen Belastungsstufen ermittelt, um danach durch Interpolation die exakten altersbezogenen und belastungsbezogenen Normwerte der hämodynamischen Größen in Abhängigkeit von der Belastung bestimmen zu können.

3. Verhalten der mittl. Herzfrequenz (Tabellen 3.1 -3.20)

Für jede Altersgruppe erfolgte getrennt nach Geschlecht die Darstellung der mittleren Herzfrequenz über der Zeitachse unter Berücksichtigung der einfachen Standardabweichung. Zusätzlich wurde auf jeder Belastungsstufe noch der Mittelwert der einzelnen Belastungen in Watt/kg einschließlich der Standardabweichung aufgeführt.

Grundsätzlich gilt, daß für alle Altersgruppen beiderlei Geschlechts der Mittelwert der Frequenz unter Belastung ansteigt und anschließend während der Entspannungsphase wieder abfällt. Dabei steigt die Frequenz um so stärker an, je höher die Kinder belastet wurden. In entsprechender Weise zeigt sich in der darauffolgenden Erholungsphase mit zunehmender Belastung ein steilerer Abfall der Frequenz.

Der Ruhewert wird praktisch in allen Altersgruppen während der 1. Erholungsphase nach ca. 35 Sekunden, in der 2. bzw. 3. Entspannung meist nach ca. 60 bzw. 120 Sekunden erreicht. Im Anschluß daran beobachtet man häufig ein Unterschreiten des Ruhewertes, was als Hinweis auf eine vagotone Kreislaufreaktion während der Entspannung aufzufassen ist. Im weiteren Verlauf bleibt die Frequenz entweder auf diesem niedrigeren Niveau oder aber nähert sich wieder dem Ruhewert bis zum Erholungsende. Besonders in der letzten Erhohlung steigt die mittl. Frequenz fast regelmäßig bis zum Ende der 4. Entspannungsminute auf einen über der Ruhefrequenz liegenden Wert an.
Vor allem bei den älteren Mädchen ergeben sich teilweise ziemlich hohe Frequenzen in Ruhe, was wahrscheinlich auf eine erhöhte psychische Anspannung zurückzuführen ist. Bezüglich der Streuung ist hinzuzufügen, daß diese häufig gegen Belastungsende den kleinsten Wert, im Verlauf der darauffolgenden Entspannungsphase meistens zwischen der 35. und 60. Sekunde den größten Wert erreicht. Dies läßt sich mit Hilfe einer erhöhten Sympathicusaktivität bei gleichzeitiger Unterdrückung des parasympathischen Tonus während Belastung und einer ausgeprägten vagotonen Reaktionslage in der darauffolgenden Entspannung verstehen. Dieses Verhalten der Streuung trifft nicht für alle Altersgruppen auf allen Belastungsstufen in gleicher Weise zu, was aber unter anderem auch darauf zurückgeführt werden kann, daß die Anzahl der Kinder pro Altersgruppe teilweise sehr gering ist.

4. Verhalten des Mittelwerts des syst. und diast. Blutdrucks (Tabellen 4. 1 - 4. 20)

Der mittlere syst. Blutdruckwert steigt regelmäßig in allen Altersgruppen unter Belastung an, im allgemeinen um so stärker, je höher die Belastung ist. Allerdings stellt sich der syst. Blutdruck auf der 2. und 3. Stufe oft auf dem gleichen Niveau ein bzw. erreicht gelegentlich sogar den höchsten Wert nicht auf der 3., sondern bereits auf der 2. Belastungsstufe, was vielleicht auf einen Mangel an mobilisierbarem Blutvolumen unter Maximalbelastung zurückzuführen ist. Der Rückgang des syst. Blutdrucks während der Erholung ist oft nur unvollständig, besonders nach der 2. und 3. Belastungsstufe, d. h. also, daß der Ruhewert innerhalb des beobachteten Zeitraums nicht wieder erreicht wird. Dabei bleibt er im allgemeinen um so stärker erhöht, je größer die Belastung war.
Der diast. Blutdruck zeigt ein sehr unterschiedliches Verhalten unter Belastung, teils fällt er ab, teils steigt er an, oder aber er ändert sich nicht. Dabei ist ein Abfall am häufigsten bei den jüngeren Kindern zu verzeichnen. Entsprechendes gilt für die höheren Belastungsstufen, bezüglich derer ebenfalls häufig ein Absinken des diast. Wertes zu beobachten ist, vielleicht aufgrund des starken Abfalls des peripheren Widerstands unter Belastung. Während der darauffolgenden Erholungsphase zeigt der diast. Blutdruck meist ein gegensätzliches Verhalten, d. h. ein Abfall unter Belastung bewirkt im allgemeinen einen erneuten Anstieg während der anschließenden Erholung und umgekehrt. Bis zum Ende der jeweiligen Entspannung erreicht der diast. Blutdruck meistens wieder annähernd den Ruhewert im Gegensatz zum syst. Blutdruck.
Der Mitteldruck, der mittels der Formel Mitteldruck = (Amplitude x 0, 43) + diast. Druck berechnet wurde, zeigt ebenfalls während der Belastung ein unterschiedliches Verhalten. Im allgemeinen beobachtet man jedoch ein geringfü-

giges Ansteigen in Abhängigkeit von der meistens stärker ausgeprägten Erhöhung des syst. Blutdrucks im Vergleich zu der nur geringfügigeren Erniedrigung des diast. Blutdrucks. Entsprechend zeigt sich während der Erholungsphasen meistens wieder ein Rückgang, wobei der Mitteldruck sich wieder mehr oder weniger dem Ruhewert nähert. Insgesamt betrachtet verändert sich der Mitteldruck jedoch nur unwesentlich während der gesamten Versuchsdurchführung, besonders bei den jüngeren Altersgruppen.
Bezüglich der Amplitude ist jeweils in Abhängigkeit von der Größe der Belastung auf jeder Stufe eine deutliche Erweiterung festzustellen. Desöfteren weichen die Amplitudenwerte auf der 2. und 3. Stufe entsprechend den syst. Drücken nur unwesentlich voneinander ab. Trotz der während der anschließenden Erholungsphasen erfolgenden Einengung der Amplitude wird der Ausgangswert, d. h. also der Ruhewert, vor allem nach der 2. und 3. Belastung häufig nicht wieder erreicht. Eine starke Vergrößerung der Amplitude mit einer nur unvollständigen Rückbildung während der Erholung wird insbesondere bei den älteren Altersgruppen beobachtet.

5. Verhalten der mittleren Austreibungszeit LVET (Tabellen 5.1 - 5.20)

Wiederum erfolgte die Darstellung der Mittelwerte einschließlich der einfachen Standardabweichung in Abhängigkeit von der Zeit.
Bezüglich der Austreibungszeit ist auf jeder Belastungsstufe ein Abfall festzustellen, der um so stärker ausgeprägt ist, je höher die Kinder belastet wurden. Während der anschließenden Erholungsphasen steigt die LVET erneut an, wobei hinsichtlich der 1. Entspannung der Ruhewert nach ca. 15 bis maximal 60 Sekunden erreicht wird. Während der 2. bzw. 3. Erholungsphase kehrt die LVET im allgemeinen erst im Verlauf von 30 bis 60 Sekunden bzw. 60 bis 120 Sekunden zum Ausgangswert, d. h. dem Ruhewert, zurück. Im weiteren Verlauf steigt die LVET meistens über den Ruhewert an, um entweder auf diesem Niveau zu verharren bzw. sich wieder zu erniedrigen, was beispielsweise besonders für die letzte Erholungsphase zutrifft, wo die LVET fast regelmäßig gegen Ende der insgesamt vierminütigen Erholung wieder abfällt. Diese Betrachtung zeigt also, daß die LVET sich spiegelbildlich zur Frequenz verhält. Für die Standardabweichung läßt sich keine ansteigende bzw. fallende Tendenz im Verlauf der Untersuchung angeben. Sie zeigt unregelmäßige Schwankungen unabhängig von den einzelnen Belastungs- und Erholungsphasen und ist meistens im Bereich von 0.01 bis 0.03 Sekunden anzutreffen. Bei den Mädchen der Altersgruppe 13,5 - 14,5 Jahre ist auffällig, daß während der letzten Erholungsphase die LVET ziemlich niedrig bleibt und innerhalb der vierminütigen Entspannung den Ruhewert nicht wieder erreicht.
Insgesamt betrachtet scheint die LVET weder eindeutig vom Alter noch vom Geschlecht abhängig zu sein, sowohl unter der Belastung als auch während der darauffolgenden Erholung.

6. Verhalten des Mittelwerts der absoluten QT-Zeit (Tabellen 6.1 - 6.10)

Die graphische Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten QT-Zeit erfolgte jeweils in den entsprechenden Erholungsphasen über der Zeitachse.
Da die QT-Zeit nur bei einem Viertel der Kinder ermittelt wurde, und somit in den einzelnen Altersgruppen nur eine sehr geringe Anzahl von Kindern vertreten ist, wurden jeweils 2 Jahrgänge zu einer Altersklasse zusammengefaßt.

Grundsätzlich fällt unter Belastung die absolute QT-Zeit genauso wie auch die LVET in Abhängigkeit von der Größe der Leistung ab, das heißt, je größer die Belastung, desto niedriger die erreichte absolute QT-Zeit. Während der folgenden Erholungsphasen ist erwartungsgemäß ein erneuter Anstieg der absoluten QT-Zeit zu erkennnen. Im allgemeinen nimmt diese innerhalb der 1. Entspannungsminute nach der 1. Belastung wieder ihren Ausgangswert an, im Gegensatz zur 2. Erholung, bezüglich derer die absolute QT-Zeit nach einer ca. einminütigen Erholungsdauer noch unterhalb des Ruhewertes liegt. Während der 3. Entspannungsphase weist die absolute QT-Zeit meistens nach ca. 2 Minuten wieder einen Wert auf, der ungefähr demjenigen in Ruhe entspricht. Während des beobachteten Zeitraums überschreitet die absolute QT-Zeit im allgemeinen nicht den Ruhewert; ob dies allerdings im Verlauf der weiteren Erholung auftritt, läßt sich anhand der ermittelten Daten nicht entscheiden, da nicht die gesamte Dauer der Erholungsphasen berücksichtigt wurde, sondern während der 1. und 2. Entspannung jeweils nur 1 Minute, lediglich in der dritten Erholungsphase erfolgte die Bestimmung über einen Zeitraum von insgesamt 3 Minuten.
Für die Streuung läßt sich ebensowenig wie bereits bei der LVET eine Tendenz angeben; während der gesamten Untersuchung lassen sich nur unregelmäßige Schwankungen innerhalb

eines Bereichs von ca. 0,01 bis 0,04 Sekunden erkennen.

In Ruhe scheint sich für die absolute QT-Zeit eine deutliche Altersabhängigkeit zu ergeben, nicht dagegen unter Belastung. Allerdings weist die Altersgruppe der 13,5- bis 15,5jährigen Mädchen einen relativ niedrigen Ruhewert für die absolute QT-Zeit auf entsprechend der in dieser Altersgruppe auch relativ hohen Ruhefrequenz. Zwischen Jungen und Mädchen sind keine eindeutigen Unterschiede bezüglich der absoluten QT-Zeit zu verzeichnen, weder in Ruhe noch unter Belastung.
Schließlich wurde noch für jedes Kind überprüft, ob dessen Ruhewert bezüglich der absoluten QT-Zeit im Normalbereich liegt, wozu das Nomogramm nach Lepeschkin (49) verwendet wurde, mit Hilfe dessen gleichzeitig auch die relative QT-Zeit ermittelt werden konnte. Als Ergebnis zeigt sich dabei, daß sämtliche Werte in dem zugrundegelegten Normbereich anzutreffen waren.

7. Abhängigkeit der Herzfrequenz von der Belastung in Watt/kg (Tab. 7)

Über der jeweiligen Belastung in Watt/kg wurde die am Ende der betreffenden Belastungsstufen erreichte Herzfrequenz aufgezeichnet. Die beiden zusätzlich berechneten Regressionsgeraden einschließlich der Regressionskoeffizienten und des Korrelationskoeffizienten sind unter den Abbildungen zu finden. Während die Ermittlung der Regressionskoeffizienten ($m_{y/x}$; $m_{x/y}$) und somit der Geradengleichungen mithilfe eines Rechners erfolgte, wurde der Korrelationskoeffizient aufgrund der Formel $r = m_{y/x} \times m_{x/y}$ bestimmt.

Bei allen Altersgruppen beiderlei Geschlechts ist eine positiv korrelierte Beziehung zwischen der jeweils am Belastungsende erreichten Frequenz und der Größe der Leistung in Watt/kg festzustellen, d. h. je größer die Belastung, um so höher die sich einstellende Frequenz. Der in der Literatur beschriebene geometrisch progressive Verlauf der Frequenz in einem Leistungsbereich unterhalb 1 Watt/kg ist auf den zur Beurteilung angefertigten Abbildungen nicht zu erkennen. Auch der geometrisch depressive Verlauf oberhalb einer Herzfrequenz von ca. 170 kommt nur andeutungsweise zum Ausdruck, und zwar stellt er sich bei den Knaben ungefähr bei 3 Watt/kg ein, während der Übergang in einen Kurvenverlauf mit abnehmender Steilheit bei den Mädchen schon bei ca. 2,5 Watt/kg zu beobachten ist. Dazwischen sollte die Frequenz einen weitgehend geradlinigen Verlauf aufweisen, weshalb in der Literatur auch empfohlen wird, nur diesen Abschnitt der Berechnung der Regressionsgeraden zugrundezulegen. Da dieses geometrisch progressive bzw. depressive Verhalten bei den zugrundegelegten Abbildungen nicht deutlich zum Ausdruck kommt, wurde darauf verzichtet, nur einen bestimmten Bereich für die Berechnung zu benutzen, und demzufolge schien es gerechtfertigt zu sein, alle Werte über den gesamten Leistungsbereich zu berück-

sichtigen. Die Steilheit des Herzfrequenzanstiegs in Abhängigkeit von der Belastung ist direkt den Regressionsgeraden zu entnehmen, die Streuung kann mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten beurteilt werden. Die Korrelationskoeffizienten weisen sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen etwas unterschiedliche Werte auf bei Vergleich der verschiedenen Altersgruppen. Allerdings läßt sich keine Altersabhängigkeit bezüglich der Streuung angeben, was an und für sich auch nicht zu erwarten ist. Hinsichtlich der Steilheit des Frequenzanstiegs läßt sich ebensowenig eine Abhängigkeit vom Lebensalter feststellen. Auch Geschlechtsunterschiede können für die beiden zuletzt genannten Größen nicht eindeutig nachgewiesen werden.

8. Abhängigkeit der Austreibungszeit LVET von der Belastung in Watt/kg (Tabelle 8.1)

Für die LVET und die Belastung in Watt/kg ergibt sich ein negativ korrelierter Zusammenhang, d. h. je höher die Belastung, desto kleiner die erreichte LVET. Bei graphischer Darstellung kommt ein geometrisch progressiver Abschnitt unterhalb 1 Watt/kg Körpergewicht nicht zum Ausdruck. Eine geometrisch depressive Phase läßt sich ebenfalls nur bei einem Teil der Darstellungen vermuten. Letztere beginnt bei einer LVET von ca. 0,16 bis 0,17 Sekunden bzw. oberhalb einer Leistungsstufe von etwa 2,5 Watt/kg KG für die Mädchen. Ein derartiger Übergang in einen geometrisch depressiven Abschnitt erfolgt bei den Jungen ebenfalls ungefähr bei einer LVET von 0,16 Sekunden, allerdings auf einer etwas höheren Leistungsstufe von ca. 3 Watt/kg KG. Bezüglich der Steilheit des Abfalls der LVET ist weder eine Alters- noch eine Geschlechtsabhängigkeit eindeutig zu erkennen. Die Korrelationskoeffizienten weisen insgesamt betrachtet erhebliche Unterschiede auf, d. h. teils ergeben sich ziemlich enge Beziehungen zwischen LVET und relativer Belastung in Watt/kg, teils aber ist der Zusammenhang nur mittelmäßig bzw. sehr klein. Im allgemeinen liegt der Korrelationskoeffizient in einem Bereich von -0,8 bis -0,5, d. h. er weist auf eine mittelmäßige Abhängigkeit hin.

9. Abhängigkeit des syst. Blutdrucks bzw. der Amplitude von der Belastung in Watt/kg

Da die Beziehung zwischen syst. Blutdruck und Belastung in den entsprechenden Abbildungen keinen geradlinigen Verlauf des Blutdruckverhaltens zeigt, wurde auf eine Berechnung der Regressionsgeraden und des Korrelationskoeffizienten verzichtet. Hinsichtlich der Blutdruckamplitude gelten die gleichen Verhältnisse, so daß auch hier eine Ermittlung der zuvor genannten Parameter nicht erfolgte. Bei den Jungen zeigt sich ein deutlicher Anstieg des syst. Blutdrucks im allgemeinen nur bis zu einer Belastung von etwa 2 Watt/ kg KG, anschließend verändert er sich bei grober Betrachtung der Punktwolke nicht mehr wesentlich, d. h. also, daß die maximalen syst. Blutdruckwerte häufig schon auf der 2. Belastungsstufe, die einer Leistung von ca. 2 Watt/ kg KG entspricht, erreicht werden. Die dabei erreichten maximalen syst. Blutdruckwerte weisen dabei eine Altersabhängigkeit auf, indem die älteren Knaben höhere syst. Werte im Mittel erreichen als die jüngeren.
Bei den Mädchen tritt der Übergang in einen geometrisch depressiven Abschnitt bezüglich des syst. Blutdruckverhaltens etwas früher ein als bei den Knaben und zwar bei ca. 1,5 Watt/kg KG, so daß im Mittel auf der 2. Belastungsstufe der syst. Blutdruckwert sich nicht in sehr ausgeprägter Weise von demjenigen auf der 1. Belastungsstufe unterscheidet. Bezüglich der 3. Stufe zeigt der Blutdruck meistens keine deutlichen Unterschiede mehr im Vergleich zur 2. Stufe. Wiederum erreichen die älteren Mädchen höhere Werte als die jüngeren bei gleicher relativer Leistung. Geschlechtsunterschiede bezüglich des maximal erreichten Blutdrucks sind nicht zu erkennen. Nochmals sei auf die ausgeprägte Streuung des syst. Blutdrucks in allen Altersstufen beiderlei Geschlechts hingewiesen.
Die Blutdruckamplitude zeigt ein ähnliches Verhalten wie der syst. Blutdruck, indem bei den Jungen ein wesentlicher

Anstieg nur bis zu einer Belastung von ca. 2 Watt/kg KG erfolgt, bei den Mädchen entsprechend bis zu einer Leistung von etwa 1,5 Watt/kg KG, das bedeutet also, daß die Amplitudenwerte auf der 2. und 3. Belastungsstufe keine ausgeprägten Unterschiede mehr aufweisen. Die Erweiterung der Amplitude wird am deutlichsten bei Vergleich der Werte am Ende der 1. Belastung mit denjenigen in Ruhe. Auffällig ist weiterhin wieder die starke Streuung der Amplitudenwerte in allen Altersgruppen. Vor allem bei den Jungen erreichen die älteren Kinder im Mittel einen höheren Wert für die maximale Amplitude als die jüngeren. In etwas geringerem Ausmaß zeigt sich diese Tendenz aber auch bei den Mädchen.

10. Abhängigkeit der absoluten QT-Zeit von der Belastung in Watt/kg KG (Tabelle 8.2)

Die absolute QT-Zeit wurde in Abhängigkeit von der Belastung in Watt/kg dargestellt.
In allen Altersgruppen läßt sich eine negativ korrelierte Beziehung zwischen der absoluten QT-Zeit und der Belastung in Watt/kg erkennen, d. h. bei zunehmender Belastung nimmt die absolute QT-Zeit einen immer kleineren Wert an. Insgesamt betrachtet ergibt sich für die absolute QT-Zeit ein ähnliches Verhalten wie für die LVET. Bei graphischer Darstellung läßt sich vermuten, daß bei den Jungen die absolute QT-Zeit oberhalb einer Belastung von ca. 3 Watt/kg in einen annähernd horizontalen Abschnitt übergeht.
Für die Mädchen zeigt sich ein derartiger Übergang bei ca. 2,5 Watt/kg, also auf einer etwas niedrigeren Leistungsstufe als bei den Jungen. Die Werte des Korrelationskoeffizienten liegen im allgemeinen zwischen -0,9 und -0,7, d. h. für die absolute QT-Zeit ergibt sich eine geringfügig stärkere Abhängigkeit von der Belastung in Watt/kg als für die LVET, deren Korrelationskoeffizienten im Mittel zwischen -0,8 und -0,5 liegen.

11. Beziehung zwischen Austreibungszeit und Frequenz am Belastungsende (Tab. 8.3)

Für die beiden betrachteten Größen ergibt sich in allen Altersgruppen eine negativ korrelierte Beziehung unterschiedlicher Ausprägung. Über den gesamten betrachteten Frequenzbereich zeigt sich eine lineare Abhängigkeit, ohne daß geometrisch depressive bzw. progressive Abschnitte erkennbar wären. Aufgrund der Korrelationskoeffizienten sind gelegentlich sehr enge Beziehungen zu beobachten; meistens ergeben sich jedoch nur mittelmäßige bis enge Abhängigkeiten bei im allgemeinen zwischen -0,9 und -0,7 liegenden Korrelationskoeffizenten. Bezüglich der Abstiegsgeschwindigkeit der LVET mit zunehmender Frequenz läßt sich weder eine Alters- noch eine Geschlechtsabhängigkeit erkennen.

12. Beziehung zwischen absoluter QT-Zeit und Frequenz am Belastungsende

Insgesamt ergibt sich ein ähnliches Verhalten der absoluten QT-Zeit wie bereits bei der LVET beschrieben, d. h. mit zunehmender Frequenz ist für die absolute QT-Zeit ein linearer Abfall zu verzeichnen. Geometrisch progressive und depressive Abschnitte lassen sich auch hier nicht erkennen. Bezüglich der Streuung ergibt sich im allgemeinen eine ziemlich enge Beziehung zwischen absoluter QT-Zeit und Frequenz wie anhand der Korrelationskoeffizienten feststellbar ist, die in der Regel bei -0,9 liegen. Die Steilheit der Regressionsgeraden läßt eine Alters- bzw. Geschlechtsabhängigkeit nicht erkennen.

13. Verhalten des mittleren relativen Schlagvolumens (Tabellen 9.1 - 9.8)

Das relative Schlagvolumen steigt unter Belastung an, erreicht dabei aber seinen Maximalwert erst in der frühen Erholungsphase, d. h. nach einer ca. 15 Sekunden dauernden Entspannung. Es ist jedoch zu beachten, daß bei höherer Belastung auch der Maximalwert des relativen Schlagvolumens zumeist etwas später erreicht wird als bei einer niedrigeren, also beispielsweise bei der 3. Belastung erst nach einer Erholungsdauer von ca. 35 Sekunden. Gelegentlich ist auf der ersten Leistungsstufe zu Beginn der Belastung ein Abfall des Schlagvolumens zu verzeichnen. Während der Erholungsphasen erfolgt meist nur ein unvollständiger Rückgang des Schlagvolumens, so daß der Ausgangswert am Ende der Erholung noch nicht wieder erreicht ist, sondern das Schlagvolumen sich auf einem gegenüber der Ruhesituation etwas höheren Niveau befindet. Ferner ist zu bemerken, daß das Schlagvolumen mit ansteigender Leistung ebenfalls höhere Werte erreicht. Die jeweils während des Untersuchungsablaufs ermittelten Schlagvolumina zeigen bei grober Betrachtung weder eine Gewichts- noch eine Geschlechtsabhängigkeit. In allen Gewichtsklassen nimmt die Streuung sowohl bei den Mädchen als auch bei den Jungen unter Belastung zu, um anschließend während der Erholung sich wieder zu vermindern, so daß die kleinsten Werte für die Standardabweichung im allgemeinen am Ende der jeweiligen Entspannungsphasen beobachtet werden.

14. Verhalten des mittleren relativen Herzminutenvolumens (Tabellen 10.1 - 10.8)

Bezüglich des Herzminutenvolumens (HMV) erfolgte die Gruppenbildung mit Hilfe der KOF. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tab. 9.1 - 9.8 zusammengestellt. Dabei beobachtet man die höchsten Werte des HMV nicht am Ende der einzelnen Belastungsstufen, sondern jeweils zu Beginn der darauffolgenden Entspannungsphasen nach ca. 15 Sekunden Dauer, wie es auch bei der UCD und dem Schlagvolumen bereits festzustellen war. Im weiteren Verlauf bildet sich das HMV wieder zurück, ohne allerdings den Ausgangswert in allen Fällen wieder zu erreichen. Meist befindet sich das HMV am Ende der Entspannungsphase noch immer auf einem über der Ruhesituation liegenden Niveau. Ein entsprechend dem SV gelegentlich auftretender Abfall des HMV zu Beginn der Belastung wird nicht beobachtet, was unter anderem darin seine Erklärung findet, daß das HMV nicht nur durch das Schlagvolumen, sondern auch durch die Frequenz beeinflußt wird. Der Anstieg des HMV erweist sich um so ausgeprägter, je höher die Leistungsstufe gewählt wird. Eine eindeutige Abhängigkeit der relativen HMV-Werte von der Körperoberfläche bzw. dem Geschlecht kann nicht festgestellt werden. Wie schon bei der UCD und dem SV erwähnt, werden auch beim HMV die größten Standardabweichungen am Ende der Belastung bzw. zu Beginn der anschließenden Erholung beobachtet, die kleinsten Werte dagegen gewöhnlich am Ende der einzelnen Entspannungsphasen.

15. Beziehung zwischen syst. Blutdruck und Frequenz am Belastungsende (Tabelle 11)

Zur genaueren Beurteilung des Zusammenhangs zwischen syst. Blutdruck und Frequenz wurden für Jungen und Mädchen getrennt jeweils sieben Altersgruppen gebildet, wobei die jüngste Klasse alle Kinder bis einschließlich 7 Jahre umfaßt. In der ältesten Altersgruppe sind die 13jährigen und älteren Kinder vertreten. Die dazwischenliegenden Gruppen werden jeweils durch einen Jahrgang repräsentiert. Anhand der hier nicht aufgeführten graphischen Darstellungen zeigt sich in fast allen Altersklassen mit zunehmendem Herzschlag ein linearer Anstieg des syst. Blutdrucks über den gesamten beobachteten Frequenzbereich. Insgesamt betrachtet ergibt sich für die beiden Größen nur eine sehr geringe bis mittelmäßige Abhängigkeit wie an den Korrelationskoeffizienten zu erkennen ist. Im allgemeinen liegen die Werte des Korrelationskoeffizienten in einem Bereich von 0,2 bis 0,7. Die Steilheit des Anstiegs des syst. Blutdrucks in Abhängigkeit von der Frequenz ist unmittelbar den in der Tabelle aufgeführten Regressionsgleichungen zu entnehmen. Dabei sind teilweise erhebliche Unterschiede bei Vergleich der Altersgruppen zu beobachten, ohne daß allerdings eine eindeutige Altersabhängigkeit zu erkennen wäre. Obwohl bei den Knaben die Geraden teilweise höhere Steigungen aufweisen, ist eine Geschlechtsabhängigkeit nicht anzunehmen. Wahrscheinlich handelt es sich lediglich um einen Zufallsbefund.

16. Zusammenhang zwischen LVET und $\overline{RR}$-Intervall am Belastungsende (Tabelle 12)

Wie zu erwarten zeigt sich mit zunehmendem $\overline{RR}$-Intervall auch ein Anstieg der LVET. Dabei läßt sich lediglich ein lineares Anstiegsverhalten beobachten, jedoch keine geometrisch depressiven bzw. progressiven Abschnitte. Anhand der Korrelationskoeffizienten läßt sich im allgemeinen eine ziemlich enge Beziehung zwischen LVET und $\overline{RR}$-Intervall erkennen. Die Anstiegssteilheit der LVET ist wiederum am besten mit Hilfe der Regressionsgeraden zu beurteilen. Bezüglich der Streuung der Austreibungszeit und der Steilheit des LVET-Anstiegs ist weder eine Gewichts- noch eine Geschlechtsabhängigkeit zu erkennen. Im allgemeinen dürften die etwas unterschiedlichen Werte des Korrelationskoeffizienten und der Geradensteigung innerhalb der einzelnen Gruppen rein zufällig bedingt sein, ohne eine bestimmte Tendenz anzuzeigen, wie dies auch bereits bei den weiter oben angeführten Zusammenhängen zwischen zwei Parametern meistens der Fall war.

17. Zusammenhang zwischen absoluter QT-Zeit und Belastung in Watt/qm (Tabelle 13)

Für beide Geschlechter erfolgte jeweils die Bildung von zwei Altersgruppen, wobei die jüngere Altersgruppe sämtliche Kinder mit einem Alter bis einschließlich 9 Jahre umfaßt. Die zehnjährigen und älteren Kinder repräsentieren die 2. Altersgruppe. In Tabelle 13 wurden die Regressionsgeraden und der Korrelationskoeffizient dargestellt.

Wie bereits bezüglich der Beziehung zwischen absoluter QT-Zeit und relativer Belastung in Watt/kg erläutert wurde, so zeigt sich auch bei Betrachtung des hier aufgeführten Zusammenhangs ein linearer Abfall der absoluten QT-Zeit mit zunehmender Belastung. Anhand der Regressionsgeraden läßt sich die Steilheit dieses Abfalls beurteilen, die bei beiden Geschlechtern in sämtlichen Altersklassen praktisch keine Unterschiede erkennen läßt. Bezüglich der Streuung ergibt sich aufgrund des Korrelationskoeffizienten eine mittelmäßige bis enge Beziehung in allen Gruppen.

18. Beziehung zwischen den auf den einzelnen Belastungsstufen maximal erreichten Werten des Schlagvolumens und des Herzminutenvolumens (Tabelle 14)

Zur Gruppenbildung fand diesmal das Produkt Gewicht x Größe Verwendung, wobei jeweils 4 Gruppen gebildet wurden, getrennt nach Geschlecht.
Anhand von hier nicht dargestellten Abbildungen läßt sich ein deutlicher Anstieg des Schlagvolumens mit zunehmendem HMV erkennen. Die jeweilige Steilheit ist dabei am einfachsten mit Hilfe der betreffenden Regressionsgeraden (Tabelle 14) zu beurteilen, ohne daß allerdings ein wesentlicher Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen zu beobachten wäre. Die Korrelationskoeffizienten (Tabelle 14) weisen auf eine mittelmäßige bis enge Beziehung zwischen den beiden betrachteten Größen hin, wobei die entsprechenden Koeffizienten im allgemeinen in einem Bereich von ca. 0,65 - 0,9 anzutreffen sind. Desweiteren ist ersichtlich, daß mit zunehmendem HMV die Streuung laufend größer wird, d. h. daß die Beziehung zwischen den beiden Größen immer lockerer wird, und demzufolge in Ruhe der größte, auf der höchsten Belastungsstufe dagegen der kleinste Zusammenhang zu vermerken ist.

19. Beziehung zwischen Blutdruckamplitude und Schlagvolumen am Belastungsende (Tabelle 15)

Mit Hilfe der KOF erfolgte jeweils die Bildung von 4 Gruppen, getrennt nach Geschlecht. Die zugehörigen Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten wurden in Tabelle 15 zusammengestellt.
Schon bei grober Betrachtung der hier nicht aufgeführten Abbildungen läßt sich zwischen diesen beiden Größen keine bzw. eine nur geringe Beziehung vermuten, was sich dann durch die Korrelationskoeffizienten auch bestätigt, indem deren Werte in einem Bereich von ca. 0,0 - 0,5 anzutreffen sind. Einer Zunahme des Schlagvolumens entspricht entweder kein oder ein nur geringfügiger Anstieg der Blutdruckamplitude, wie auch anhand der Steigungen der Regressionsgeraden festzustellen ist. Die Unterschiede bezüglich der Anstiegssteilheiten und der Korrelationskoeffizienten zwischen den verschiedenen KOF-Gruppen sind mehr oder weniger zufallsbedingt und nicht auf eine Abhängigkeit von der KOF zurückzuführen. Aus der niedrigen Korrelation zwischen den beiden betrachteten Parametern folgt also, daß nicht ohne weiteres von der Amplitude auf die Größe des Schlagvolumens geschlossen werden kann.

20. Häufigkeitsverteilung des diast. Blutdrucks in Ruhe und am Ende der einzelnen Leistungsstufen

Zunächst erfolgte eine Klassifizierung des diast. Blutdrucks derart, daß eine Klasse jeweils eine Spannweite von 10 mmHg aufweist. Zur Ermittlung der relativen Häufigkeit der Werte innerhalb einer Klasse wurde lediglich eine Trennung nach dem Geschlecht vorgenommen, jedoch keine Altersaufteilung, was unter anderem auch deshalb als vertretbar betrachtet werden kann, da der diast. Blutdruck in Ruhe und unter Belastung keine so eindeutige Altersabhängigkeit aufweist wie beispielsweise der syst. Blutdruck. Anhand der graphischen Darstellung zeigt sich bereits in Ruhe, sowohl bei den Mädchen wie auch bei den Jungen, eine relativ große Streuung der diast. Blutdruckwerte, wobei diese mit zunehmender Belastung immer ausgeprägter wird, d. h. also, daß der diastolische Blutdruck in Ruhe am wenigsten, auf der höchsten Belastung dagegen am stärksten streut. Bezüglich des Häufigkeitsmaximums läßt sich mit zunehmender Leistung keine Verschiebung zu größeren bzw. kleineren Werten hin beobachten. Demzufolge zeigt der diast. Blutdruck trotz der immer größer werdenden Streuung im Mittel keine wesentliche Veränderung mit ansteigender Belastung. Geschlechtsunterschiede sind bezüglich des Häufigkeitsmaximums und der Streuung nicht zu verzeichnen, wenn auch bei den Knaben die niedrigsten diast. Werte und bei den Mädchen die höchsten zu beobachten sind.

21. Häufigkeitsverteilung der UCD am Belastungsende

Die UCD wurde in der Weise klassifiziert, daß eine Klasse jeweils eine Spannweite von 40 % repräsentiert. Wiederum erfolgte lediglich eine Trennung nach dem Geschlecht, um die relative Häufigkeit der UCD-Werte innerhalb der einzelnen Klassen zu ermitteln.
Eine Zunahme der Belastung bewirkt gleichzeitig einen Anstieg der Streuung sowohl bei den Jungen wie auch bei den Mädchen. Gleichzeitig läßt sich mit ansteigender Leistung eine Verschiebung des Häufigkeitsmaximums zu größeren relativen Werten hin beobachten. Für die Lage der Häufigkeitsmaxima auf den einzelnen Leistungsstufen ergeben sich keine Geschlechtsunterschiede, desgleichen gelten auch bezüglich der Streuung für Jungen und Mädchen ähnliche Verhältnisse. Zur Ergänzung sei noch bemerkt, daß sich auf der ersten Belastungsstufe keine symmetrische Verteilung der UCD-Werte einstellt, indem das Häufigkeitsmaximum deutlich nach links verschoben ist, so daß von einer linksschiefen Verteilung gesprochen werden kann. Eine etwas uncharakteristische Verteilung zeigt sich auf der 4. Belastungsstufe, indem über die einzelnen UCD-Klassen hinweg nicht ein kontinuierlicher Anstieg mit anschließendem Abfall der relativen Häufigkeit zu erkennen ist, sondern ein unregelmäßiges Ansteigen und Abfallen, was unter anderem auch darauf zurückgeführt werden kann, daß an der 4. Belastung viel weniger Kinder beteiligt waren als auf der 1. bis einschließlich 3. Leistungsstufe.

22. Häufigkeitsverteilung des Herzminutenvolumens am Ende der verschiedenen Belastungsstufen

Auch bezüglich des HMV erfolgte lediglich eine Trennung nach dem Geschlecht, wobei die Spannweite der einzelnen HMV-Klassen jeweils 40 % umfaßt.
Anhand der dargestellten HMV-Verteilung zeigt sich mit Zunahme der Belastung eine Verschiebung des Häufigkeitsmaximums zu größeren Werten hin bei gleichzeitiger Vergrößerung der Streuung. Obwohl die Lage der Häufigkeitsmaxima sowie die Streuung für Jungen und Mädchen nicht völlig übereinstimmen, läßt sich im wesentlichen diesbezüglich keine eindeutige Geschlechtsabhängigkeit erkennen. Für die HMV-Verteilung auf der 4. Belastungsstufe ergibt sich genauso wie auch für die UCD-Verteilung aus den bereits dort angeführten Gründen ein ziemlich uncharakteristisches Verhalten mit unregelmäßigem Anstieg und Abfall über den gesamten HMV-Bereich hinweg.

VII. Diskussion der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Literatur

1. Betrachtung der körperlichen Entwicklung

Obwohl die meisten Jungen und Mädchen bezüglich ihrer altersabhängigen Gewichts- und Längenentwicklung innerhalb des Normalbereichs anzutreffen sind, zeigt sich jedoch insbesondere bei der Körpergröße eine Verschiebung nach oben zu größeren Werten hin. Dies könnte als Hinweis auf die immer noch stattfindende Akzeleration innerhalb der Bevölkerung zu interpretieren sein, wie sie auch von anderen Autoren zu früheren Zeiten beschrieben wurde (88, 93).

In der Literatur wird unter anderem darauf hingewiesen, daß die Hebung des Lebensstandards vor allem für die Beschleunigung der Entwicklungsgeschwindigkeit verantwortlich sei, die Selektion der genotypisch Hochwüchsigen dagegen für die Zunahme der endgültigen Körpergröße (93). Desweiteren soll sich die engste Korrelation nicht zwischen Alter und Körpermaßen, sondern zwischen Gewicht und Größe selbst ergeben (48); auch bezüglich dieser letztgenannten Beziehung zeigt sich bei den von uns untersuchten Jungen und Mädchen, daß praktisch keines der zur Normalgruppe gehörenden Kinder deutlich außerhalb der 3. bzw. 97. Perzentile zu liegen kommt.

2. Beziehung zwischen Maximalbelastung einerseits und Alter bzw. körperlicher Entwicklung andererseits

Trotz der etwas engeren Beziehung zwischen Maximalbelastung und körperlicher Entwicklung verglichen mit der Beziehung zwischen Maximalbelastung und Alter darf trotzdem der Alterseinfluß nicht unterschätzt werden, d. h. von 2 Kindern gleichen Geschlechts und gleicher körperlicher Entwicklung wird das ältere Kind im Mittel eine größere Leistung erbringen (60). Umgekehrt läßt sich auch beobachten, daß von 2 gleichgeschlechtlichen Kindern gleichen Alters das in seiner körperlichen Entwicklung weiter fortgeschrittene im Durchschnitt zu einer höheren Belastung imstande ist, denn mit zunehmender Muskelmasse steigt gewöhnlich auch die körperliche Leistungsfähigkeit, vorausgesetzt, daß das Herz-Kreislaufsystem in Ordnung ist. Ein hohes Gewicht kann allerdings auch nur durch einen höheren Fettanteil am Körpergewicht vorgetäuscht sein. Dann trifft natürlich obige Feststellung nicht zu, da die körperliche Leistungsfähigkeit nur von der fettfreien Körpermasse abhängt (60).
Die Jungen weisen in allen Altersstufen im Mittel eine höhere Leistungsfähigkeit auf als die Mädchen, wobei der Geschlechtsunterschied vor allem ab der Pubertät deutlich wird. Diese Tatsache wird bereits sehr früh in der Literatur beschrieben (65) und findet unter anderem darin eine Erklärung, daß besonders ab der Pubertät der Fettanteil am Gesamtkörpergewicht bei den Mädchen prozentual einen höheren Wert erreicht als bei Knaben (68).
Desweiteren sei auf die Zunahme der relativen Maximalbelastung in Abhängigkeit vom Lebensalter hingewiesen, wobei bei den Mädchen zu einem früheren Zeitpunkt ein horizontales Niveau erreicht wird als bei den Jungen. Mocellin, Rutenfranz und Singer (1971) (60) kommen im Zusammenhang mit einer kontinuierlich bzw. stufenweise ansteigenden Leistung am Fahrradergometer zu einem ähnlichen Ergebnis,

indem sie für die Knaben einen Anstieg der relativen Leistung in Watt/kg bei einer Pulsfrequenz von 170/min bis zum 14., bei den Mädchen entsprechend nur bis zum 9. Lebensjahr angeben. Diese Autoren sind außerdem der Ansicht, daß bei Bezug der körperlichen Leistungsfähigkeit auf das Lebensalter insofern Fehldeutungen möglich sind, indem akzelerierte Kinder zu gut und retardierte Kinder zu schlecht eingestuft werden. Trotzdem fand hier das Alter als wichtigste Bezugsgröße Verwendung, so wie es beispielsweise auch im Sportunterricht in der Schule gehandhabt wird, wo die körperliche Leistungsfähigkeit ebenfalls nach dem Alter und nicht nach Größe und Gewicht beurteilt wird.

3. $\overline{RR}$-Intervall bzw. Herzfrequenz

Besonders in der Erholungsphase treten häufig respiratorische oder von der Atmung unabhängige Arrhythmien auf, die als Hinweis auf vagotone Reaktionen zu betrachten sind. Ein derartiges Verhalten zeigt sich besonders häufig bei vegetativ stigmatisierten Kindern, wobei die arrhythmische Herztätigkeit zumeist ca. 1 Minute nach Belastungsende am ausgeprägtesten ist, um sich anschließend wieder zu beruhigen. Nach Noeggerath (1926) (65) soll das menschliche Herz erst zu Beginn des Schulalters völlig unter die dämpfende Vaguskontrolle geraten, was allerdings hier nicht überprüft werden konnte, da keine Kinder im Vorschulalter untersucht wurden. Bei den älteren Kindern steht also nach Meinung dieses Autors das Herz unter Vagus- und Acceleranskontrolle, was bei jeder Körperarbeit eine Zurückdrängung der normalen Vagushemmung unter gleichzeitiger Anregung des Accelerans zur Folge hat.
Kirchhoff (1959) (29) weist darauf hin, daß das Kind eine Pulsfrequenz über 160 nicht über längere Zeit durchzuhalten vermag. Bei der hier durchgeführten Untersuchung wurden zwar weitaus höhere Werte beobachtet, allerdings erfolgte hier auch keine länger dauernde Belastung im steady-state. Da nach Kirchhoff, Reindell und Hauswaldt (1958) (33) das junge Kind nicht in der Lage ist, sich einer erhöhten Arbeitsanforderung durch stärkere Schlagvolumensteigerung anzupassen, gilt daher eine stärkere Pulsfrequenzsteigerung als physiologischer Anpassungsmechanismus, während bei älteren Kindern dagegen ein stärkerer Frequenzanstieg eine unökonomische Arbeitsweise mit der Folge eines frühzeitigen Arbeitsabbruchs darstellt. Tatsächlich erreichten auch bei der hier durchgeführten Untersuchung einige der kleinen Kinder, besonders unter den Mädchen, bereits auf niedrigen Leistungsstufen sehr hohe Frequenzen, während bei den älteren dies im allgemeinen erst bei höherer Belastung beobachtet werden konnte.

Während nach Dressler und Mellerowicz (1961) (13) bei steady - state - Untersuchungen die größte Streuung der Herzfrequenz in den Altersgruppen von 7 - 10 Jahren zu beobachten ist, konnte ein derartiges Streuungsverhalten bezüglich der Frequenz bei der hier durchgeführten Kurzzeitbelastung nicht nachgewiesen werden. Zu Beginn des Arbeitsversuchs ist häufig eine überhöhte Pulsfrequenz infolge psychischer Anspannung zu verzeichnen, weshalb Rutenfranz, Hellbrügge und Keilhacker (1961) (73) eine anfängliche einminütige Belastung mit Omkp/s empfehlen. Darauf wurde hier unter anderem auch deshalb verzichtet, weil nicht eine kontinuierlich ansteigende, sondern eine stufenförmig sich erhöhende Belastung mit dazwischengeschalteten Erholungspausen erfolgte, und eine aufgrund psychischer Anspannung erhöhte Herzfrequenz wahrscheinlich nur für die 1. Belastungsstufe eine größere Bedeutung hat, nicht dagegen für die 2. und 3. Leistungsstufe. Gelegentlich konnte die Erfahrung gemacht werden, daß insbesondere die kleinen Kinder leicht die Lust verlieren und sich nicht mehr weiterbelasten wollen, während umgekehrt andere, zumeist ältere Jungen und Mädchen dazu neigen, sich zu überfordern. Dadurch wird eine Leistungsbeurteilung etwas erschwert, weshalb Rutenfranz, Hellbrügge, Keilhacker und Hocke (1961) (74) darauf hinwiesen, auf keinen Fall das subjektive Arbeitsmaximum, sondern ein Amplituden-Frequenz-Produkt von 10 000 zur Leistungsbeurteilung heranzuziehen, was jedoch den Nachteil hat, daß man gezwungen ist, bei jedem Kind eine Berechnung durchzuführen mit entsprechendem Zeitaufwand.
Mocellin und Rutenfranz (1968) (58) kamen zu dem Ergebnis, daß Kinder mit einem Übergewicht bis zu 40 % des Längensollgewichts bei Bezug auf das Alter bzw. die Körperlänge im Mittel numerisch eine etwas bessere Leistungsfähigkeit aufweisen als ihre normalgewichtigen Altersgenossen, dagegen eine sehr signifikante Leistungseinschränkung zeigen bei Bezug auf das Gewicht.

Die Leistungsfähigkeit von Kindern mit einem Übergewicht von mehr als 40 % ist sowohl bei Bezug auf das Alter bzw. die Körperlänge als auch in ganz besonders ausgeprägter Weise bei Bezug auf das Gewicht erniedrigt. An der hier durchgeführten Untersuchung nahm ebenfalls ein stark übergewichtiger Junge teil, dessen Gewicht das Längensollgewicht um mehr als 40 % überschritt. Tatsächlich war bei ihm eine deutliche Erniedrigung der Leistungsfähigkeit nicht nur auf das Gewicht bezogen, sondern auch bezüglich des Alters und der Länge zu erkennen. In Übereinstimmung mit der hier gemachten Beobachtung fanden Scholz und Klimt (1969) (84) desöfteren eine ungefähr 1 Minute nach Belastungsende auftretende Sinusarrhythmie, die häufig mit der Atmung gekoppelt war und daher als respiratorische Arrhythmie bezeichnet wird. Jedoch zeigten sich auch Arrhythmien, die keine Beziehung zur Atemphase aufwiesen. Eine arrhythmische Sinustätigkeit war insbesondere bei erhöhtem Vagotonus festzustellen, wobei unter körperlicher Arbeit und psychischer Anspannung infolge Vermehrung der Sympathikusaktivität bei gleichzeitiger Zurückdrängung des Vagotonus eine weitgehende Pulsstarre zu beobachten ist. Desweiteren wird in der Literatur (41) darauf hingewiesen, daß neben der vagotonen Bremsung auch emotionelle Faktoren und unterschiedliche Kreislaufreaktionen für die relativ große Schwankung der Herzfrequenzwerte nach Belastungsende verantwortlich seien.

Neben dem Hinweis, daß Trainierte im Vergleich zu Untrainierten auf dieselbe Belastung mit einem geringfügigeren Frequenzanstieg reagieren, beobachtete Klimt (1975) (36) desweiteren bezüglich des Leistungsverhaltens, dessen Beurteilung mit Hilfe der PWC_{170} erfolgte, bis zum 10. Lebensjahr keine wesentlichen Geschlechtsdifferenzen. Diese treten seiner Meinung nach erst ab dem 12. - 14. Lebensjahr deutlicher in Erscheinung. Franz und Mellerowicz (1977) (18) verglichen 6minütige steady-state-Belastungen mit Kurzzeitbelastungen von nur 2minütiger Dauer, wobei

sie unter Betrachtung der W_{170} im wesentlichen zu den gleichen Ergebnissen kamen. Sie schlugen demzufolge für die Routineuntersuchung die Kurzzeitbelastung vor aufgrund der damit verbundenen Zeitersparnis. Wie bereits weiter oben erwähnt, war auch bei der hier durchgeführten Untersuchung der geringere Zeitbedarf ein wesentlicher Grund für die Durchführung der Kurzzeitbelastung im Kindesalter.
Nach Noeggerath (1926) (65) können Puls und Blutdruck nach Belastungsende zunächst ebenso hoch bleiben wie während der Arbeit, um dann manchmal erst nach einiger Zeit ihren eigentlichen Höhepunkt zu erreichen. Bei einigen Fällen konnte zwar hier bezüglich des Blutdrucks die gleiche Beobachtung gemacht werden, nicht dagegen bei der Frequenz, die regelmäßig sofort nach Arbeitsende abfiel.
Kirchhoff, Reindell und Hauswaldt (1958) (33) fanden beim Kind ein langsameres Erreichen von steady-state-Werten, stärkere Pulsschwankungen während der steady-state-Phase und eine verlängerte Erholungsphase im Vergleich zum Erwachsenen. Dressler und Mellerowicz (1961) (13) weisen darauf hin, daß Kinder Pulsfrequenzwerte über 200 erreichen können, wobei allerdings eine zu hohe Frequenz eine zu kurze Füllungsdauer bewirkt mit daraus resultierendem zu kleinen Schlagvolumen. Derartig hohe Pulsfrequenzen mit Werten über 200 Schläge/min traten auch bei einigen der hier untersuchten Kinder auf, obwohl lediglich submaximale Belastungen und keine vita-maxima-Untersuchungen durchgeführt wurden.
Während sich unter Belastung keine Beeinflussung der Herzfrequenz durch Lärm und dergleichen beobachten läßt, sind Herzfrequenzsteigerungen in der Erholungsphase durch derartige Störfaktoren häufig erkennbar. Dabei erweist sich der Einfluß psychischer Faktoren auf die Herzfrequenz um so kleiner, je größer die muskuläre Anstrengung ist (41).
Nach Mocellin, Rutenfranz und Singer (1971) (60) erlaubt der Bezug von W_{170} auf die Körperlänge Rückschlüsse auf das Verhalten des Herzkreislaufsystems bei Tätigkeiten

ohne Lokomotion, dagegen empfiehlt es sich zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit bei Tätigkeiten mit Lokomotion, wo also eine Mitbewegung des Körpergewichts erforderlich ist, die W_{170} auf das Gewicht zu beziehen.
Obwohl die Ruhefrequenzwerte aufgrund der psychischen Anspannung sicherlich die wahren Verhältnisse häufig nicht korrekt widerspiegeln, wurde auf eine Beobachtung der Ruhefrequenz über einen längeren Zeitraum verzichtet, da einerseits nicht anzunehmen ist, daß sich dadurch die psychische Gespanntheit und somit die Frequenz vermindern würden, andererseits dies auch eine Verlängerung der Untersuchungsdauer bewirkt hätte, was wir ja gerade vermeiden wollten. Besonders häufig konnte eine derartige Pulsüberhöhung sowohl in Ruhe als auch gelegentlich am Erholungsende bei den Mädchen in der Pubertät beobachtet werden. Diese Tatsache läßt sich vielleicht auf die mitunter auftretenden Hemmungen in diesem Entwicklungsabschnitt zurückführen.
Im Gegensatz zu den während der Erholungsphase auftretenden Extrasystolen, die im allgemeinen als harmlos zu betrachten sind und desöfteren bei Kindern beobachtet werden können, sind ventrikuläre Extrasystolen und andere Rhythmusstörungen unter Belastung grundsätzlich als ernstzunehmendes Zeichen aufzufassen und dürfen keineswegs als physiologische Reaktion des Herzens fehlgedeutet werden. Während der Erholungsphase auftretende Extrasystolen verschwinden im allgemeinen unter Belastung, was dann als Hinweis auf die Harmlosigkeit dieser Erscheinung gelten darf. Mocellin und Bastanier (1977) (55) weisen darauf hin, daß bei totalem av-Block in Ruhe und unter Belastung die erniedrigte Kammerfrequenz hauptsächlich über ein erhöhtes Schlagvolumen kompensiert wird, wobei sich das Schlagvolumen um so stärker kompensatorisch vergrößert, je geringer die maximale Herzfrequenz ist. Ein zusätzlicher, jedoch weitaus weniger wirksamer Kompensationsmechanismus stellt die um 10 % höher als normal liegende

avO_2-Differenz dar.
Nach Rutenfranz, Hellbrügge, Keilhacker und Hocke (1961) (74) besteht der Vorteil für die Benutzung des Amplituden-Frequenz-Produkts als Annäherung des Herzminutenvolumens in der einfachen Anwendbarkeit bei Belastung im Gegensatz zu den direkten Bestimmungsmethoden mittels Katheterisierung, welche nur bei spezieller Indikation Anwendung findet. Trotzdem scheint nach Ansicht dieser Autoren eine Schätzung der HMV-Änderung unter Arbeit über das AF-Produkt zweifelhaft.
Hoffmann empfiehlt 1968 (22) zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit den nach Quaas berechneten Leistungsindex I = Pulsfrequenz x 10/Blutdruckamplitude, wobei eine Verringerung desselben als Hinweis auf eine Leistungsteigerung zu betrachten ist.

4. Blutdruck

a) syst. Blutdruck

Bezüglich des syst. Blutdrucks sei nochmals darauf hingewiesen, daß auf der höchsten Belastungsstufe gelegentlich ein niedrigerer Wert erreicht wird als beispielsweise auf der 2., wie es auch Noeggerath (1926) (65) bereits beobachten konnte. Diesbezüglich sind zwei Erklärungsmöglichkeiten denkbar; auf der einen Seite vermindert sich das Blutvolumen absolut durch Übertritt von Plasmawasser ins Interstitium, auf der anderen Seite bewirkt die Weitstellung der Blutgefäße in der arbeitenden Muskulatur einen geringeren peripheren Widerstand mit einem daraus folgenden Mißverhältnis zwischen Blutvolumen und Fassungsvermögen des Gefäßsystems, d. h. also ein relativ zu kleines Blutvolumen. Einige der älteren Kinder zeigen sowohl in Ruhe als auch unter Belastung ziemlich hohe syst. Blutdruckwerte. Nach Rieger (1939) (69) kann dies als Zeichen der physiologischen Herzhypertrophie während des Längenwachstums gedeutet werden oder aber läßt sich auf eine sportbedingte Herzhypertrophie zurückführen. Ein erhöhter Ruheblutdruck kommt mitunter auch durch eine erhöhte psychische Anspannung zustande.
Nach Joppich und Quednau (1914) (27) sollen erhebliche Blutdrucksteigerungen während der Arbeit sich für Dauerleistungen ungünstig auswirken. Nach ihren Untersuchungen ist ein derartig überschießendes Blutdruckverhalten insbesondere bei vasoneurotischer Konstitution zu beobachten. Desweiteren wird darauf hingewiesen, daß unter Belastung nach anfänglicher Steigerung des syst. Blutdrucks dieser im weiteren Verlauf wieder zu niedrigeren Werten hinstrebt, um bei einem evtl. stattfindenden Endspurt wieder erneut sich zu erhöhen. Dies wird als besonders günstiges Blutdruckverhalten gedeutet. Derartige Beobachtungen konnten hier nicht gemacht werden, da lediglich eine Kurzzeit-

belastung ohne steady-state durchgeführt wurde.
Auf die hohen syst. Blutdruckwerte unter Belastung bei Kindern mit vegetativer Dystonie wird unter anderem durch Nitsch (1948/49) (64) hingewiesen, der zusätzlich auch auf die hypotonen Störungen in Ruhe bei aufrechter Körperposition eingeht. Derartige hypotone Verhaltensweisen konnten auch bei der hier durchgeführten Versuchsreihe gelegentlich in Ruhe bzw. während der Erholung beobachtet werden. Starke syst. Blutdruckanstiege einschließlich einer ausgeprägten Erweiterung der Amplitude fanden Kirchhoff, Reindell und Hauswaldt (1958) (33) in Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen vor allem in der Pubertät.
Nach Rutenfranz, Hellbrügge, Keilhacker und Hocke (1961) (75) eignet sich aufgrund psychogener Kreislaufreaktionen die Blutdruckmessung während kurzer Belastung nur beschränkt zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit, dagegen aber gut zur Entlarvung von angeborenen Herz- und Gefäßmißbildungen. Z. B. zeigt sich bei Aortenstenosen unter Belastung im allgemeinen ein nicht von der Norm abweichender Frequenzanstieg, während die Blutdruckamplitude auffällig klein bleibt. Für Aortenisthmusstenosen ist im Gegensatz zum vorigen Krankheitsbild eine extreme Blutdruckerhöhung mit entsprechender Amplitudenerweiterung unter Belastung geradezu charakteristisch.
Schließlich sei noch erwähnt, daß die Blutdruckwerte wesentlich von der gewählten Manschettenbreite und der Dicke der Meßstelle beeinflußt werden, indem beispielsweise der Druck um so höher gemessen wird, je schmaler die Manschette ist und umgekehrt. Bezüglich der Dicke des die Arterie überlagernden Gewebes ergibt sich nach Kirschsieper (1952) (34) ein um so kleinerer Meßfehler, je geringer sich diese Dicke erweist und umgekehrt.

b) diast. Blutdruck

Bei insgesamt betrachtet sehr unterschiedlichem Verhalten des diast. Blutdrucks unter Belastung, tritt bei den hier untersuchten Kindern desöfteren ein Absinken auf, was wahrscheinlich ebenfalls wie bereits oben erwähnt auf eine Verminderung des peripheren Widerstands infolge einer Weitstellung der Gefäße in der arbeitenden Muskulatur zurückgeführt werden kann. Gelegentlich ist der Gefäßton sogar bis in die Nähe von 20 mmHg zu hören. Bei sehr starken syst. Blutdruckanstiegen ist allerdings auch eine Erhöhung des diast. Drucks möglich. Nach Angaben in der Literatur (69) soll nach größeren Belastungen der Gefäßton mitunter bis zum Nullwert gehört werden mit daraus folgender starker Erweiterung der Amplitude. Diese Beobachtung wird insbesondere bei Basedowikern gemacht. Im Gegensatz zu der hier durchgeführten Untersuchung fanden Kirchhoff, Reindell und Giese (1956) (32) bei ihrer Versuchsreihe bezüglich des diast. Wertes eine um so ausgeprägtere Erhöhung, je größer die Belastung war. Sie weisen unter anderem darauf hin, daß ein zu starker diast. Blutdruckanstieg ebenso wie das Auftreten eines Ermüdungspulses unter steady-state-Bedingungen als Zeichen zu hoher Arbeitsanforderung zu gelten hat. Nach Kirchhoff, Reindell und Hauswaldt (1958) (33) stellt der diast. Blutdruckanstieg ein Maß für die Leistungsfähigkeit dar, indem bei leistungsfähigen Kindern ein geringeres Ansteigen zu verzeichnen ist als bei leistungsschwachen. Dagegen kommen Rutenfranz, Hellbrügge und Keilhacker (1961) (73) in ungefährer Übereinstimmung mit den hier gemachten Beobachtungen zu dem Ergebnis, daß der diast. Blutdruck proprotional zur geforderten Leistung abfällt. Ein ähnliches Verhalten des diast. Drucks konnte auch Drews (1965) (14) bei Jugendlichen feststellen im Gegensatz zu Erwachsenen, für die er regelmäßig einen Anstieg des diast. Blutdrucks unter Belastung beobachtete. Andererseits wird von Schnei-

der, Rost und Bogner (1971) (83) darauf hingewiesen, daß ein leichtes Absinken des diast. Wertes auch bei Erwachsenen festgestellt werden kann. Pannier, Paufler, Tuch und Heumann (1976) (67) gelangten im Zusammenhang mit Laufbanduntersuchungen von Vorschulkindern ebenfalls zu dem Ergebnis, daß der diast. Blutdruck unter Belastung abfällt.

5. Austreibungszeit (LVET)

Nach Kirchhoff und Eichler (1952) (38) sollen Kinder der Präpubertät im Zusammenhang mit ihrem erhöhten Sympathicustonus besonders dazu neigen, einerseits eine verlängerte isometrische Kontraktion des Herzens, andererseits starke Schwankungen der Austreibungszeit aufzuweisen. Auperdem beobachteten diese Autoren für den Quotienten Anspannungszeit/Austreibungszeit einen ziemlich niedrigen Wert bei Kindern dieses Entwicklungsabschnitts.
Während Koch, Franke und Dippell (1974) (43) auf die Möglichkeit einer relativ einfachen Bestimmung der Anspannungs- und Austreibungszeit mithilfe der Impedanzkardiographie hinweisen, sind Schieffer, Sternitzke und Bette (1975) (79) der Ansicht, daß eine derartige Ermittlung nicht immer möglich ist anhand der dz/dt-Kurve.

6. UCD als Maß für die Widerstandsänderung im Thoraxbereich in Abhängigkeit vom pulsatilen Anteil des dortigen Blutvolumens

Die Ermittlung der UCD erfolgte aufgrund der größten Amplitude im IKG, wobei zwischen dieser Größe und dem Widerstand im Thorax eine umgekehrte Proportionalität bestehen soll, d. h. je größer die Zacke im IKG, desto kleiner der Widerstand und damit die Blutfülle im Thoraxbereich.

Methodenkritik bezüglich der Impedanzkardiographie

Die Impedanzkardiographie ist noch keine vollständig entwickelte Methode, was sich unter anderem darin zeigt, daß das IKG nicht in allen Einzelheiten interpretierbar ist. Desweiteren erweist sich das IKG viel störanfälliger als das EKG, vor allem durch sich überlagernde Muskelpotentiale unter Belastung mit der Folge einer erschwerten bzw. sogar unmöglichen Auswertbarkeit. Insbesondere richtet sich die Kritik auch gegen die in der Literatur von Kubicek angegebene Formel zur absoluten Schlagvolumenbestimmung, da zwischen diesem so berechneten Schlagvolumen und dem mittels Katheteruntersuchung ermittelten keine Übereinstimmung herrscht. Bezüglich des Herzminutenvolumens ergeben sich die entsprechenden Verhältnisse, indem direkt und indirekt bestimmte Werte teilweise stark auseinanderweichen (43). Von Schieffer, Sternitzke und Bette (1975) (79) wird als Begründung für die fehlende Korrelation zwischen indirekt und direkt gewonnenen Daten der als konstant angenommene Wert des elektrischen Blutwiderstands angegeben, der unter anderem in die von Kubicek beschriebene Formel Eingang findet. Trotz dieser kritischen Bemerkungen muß allerdings erwähnt werden, daß es sich um eine nur wenig eingreifende, den Patienten kaum belastende Methode handelt, die beliebig oft wiederholbar ist und sich auch für die Langzeitüberwachung der Herz-Kreislauffunktion ziemlich gut eignet, z. B. bei Patienten, die einer kontinuierlichen Überdruckbeatmung bedürfen (86).

7. Schlagvolumen

Die Tatsache, daß das Schlagvolumen seinen Maximalwert nicht am Ende der Belastung, sondern in der frühen Erholungsphase erreicht, findet möglicherweise darin seine Erklärung, daß bei rasch abfallender Frequenz nach der Belastung das Blutangebot an das Herz zunächst noch deutlich erhöht ist, was bei der jetzt länger dauernden Diastole eine verstärkte Ventrikelfüllung bewirkt, die ihrerseits ein vergrößertes Schlagvolumen zur Folge hat. Desweiteren kann häufig während der gesamten Erholungsphase ein deutlich gegenüber dem Ruhewert erhöhtes Schlagvolumen beobachtet werden. Es ist demzufolge anzunehmen, daß die hyperdyname Kreislaufsituation bezüglich des Schlagvolumens sich während der Erholung nicht so schnell zurückbildet wie beispielsweise die Frequenz, die ja häufig bereits nach 1minütiger Erholungsdauer den Ruhewert unterschreitet.
Zu Beginn der Belastung zeigt sich gelegentlich ein vorübergehender Abfall des Schlagvolumens, der möglicherweise auf die verkürzte Füllungszeit infolge ansteigender Frequenz bei noch nicht entsprechend erhöhtem Blutangebot an das Herz zurückzuführen ist.
Hinsichtlich des Schlagvolumens ist besonders am Ende der Belastung und zu Beginn der Erholungsphase eine sehr große Streuung zu beobachten. Dabei ist zu bedenken, daß jede körperliche Betätigung eine entsprechende Erhöhung des Herzminutenvolumens erfordert, wobei manche Personen dies vorwiegend über die Frequenz, andere wiederum stärker über das Schlagvolumen erreichen. Ob bei trainierten und untrainierten Kindern die Steigerung des HMV auf unterschiedliche Weise erfolgt, wurde hier nicht näher überprüft. Jedoch ist es durchaus denkbar, daß insbesondere die schon älteren trainierten Kinder zu einer stärkeren Schlagvolumensteigerung befähigt sind als die untrainier-

ten, welche somit gezwungen wären, stärker über die Frequenz zu regulieren, um das erforderliche HMV bereitzustellen.
Nach Noeggerath (1926) (65) sollen dagegen jüngere Kinder zu einer größeren Schlagvolumensteigerung in der Lage sein als ältere, welche angeblich stärker über eine Frequenzerhöhung das erforderliche HMV erreichen. Nach Kirchhoff und Eichler (1952) (30) läßt sich ferner aufgrund der in der Präpubertät ergotropen Einstellung des vegetativen Systems eine Erhöhung der Pulswellengeschwindigkeit sowie des elastischen und peripheren Widerstands beobachten mit der Folge eines kleinen Schlagvolumens und Herzminutenvolumens. Dieses Phänomen entspricht der Zentralisation des Kreislaufs nach Duesberg und Schröder. Kirchhoff und Jacobi (1952) (31) stellten jedoch fest, daß bei Kindern das Schlagvolumen um 30 %, das HMV sogar um 50 % höher liegt als beim Erwachsenen, sofern das Körpergewicht als Bezugsgröße gewählt wird. Nach Ansicht dieser Autoren zeigt sich während der Pubertät ein deutliches Maximum des Schlagvolumens, weniger des Herzminutenvolumens aufgrund der vorherrschenden bradykarden Schlagfrequenz infolge des überwiegenden Vagotonus. Entsprechend den Ergebnissen der hier durchgeführten Untersuchung wird auch in der Literatur darauf hingewiesen, daß ein Schlagvolumenanstieg hauptsächlich während der ersten Belastungsstufe gegenüber dem Ruhewert erfolgt, dagegen zeigt sich bei weiterer Zunahme der Belastung nur noch eine geringfügige Veränderung des Schlagvolumens (62). Auch Klimt geht davon aus, daß das Schlagvolumen nach anfänglichem Anstieg weitgehend konstant bleibt (Klimt 1975) (36). Nach Strehler (1976) (91) weist das weibliche Geschlecht sowohl absolut als auch auf das Körpergewicht bezogen ein kleineres Arbeitsschlagvolumen auf verglichen mit den männlichen Personen. Desweiteren soll sich das Arbeitsschlagvolumen proportional zum Körpergewicht, zur 3. Potenz der Körperlänge und zu einem aus Körperlänge und Körpergewicht leicht zu errech-

nenden Vergleichsvolumen verhalten. Während das Schlagvolumenminimum (Vorpubertätsminimum) bei Knaben und Mädchen mit 9 Jahren zu beobachten ist, zeigt sich das Pubertätsmaximum bei den Mädchen mit 11 Jahren, bei den Knaben dagegen erst mit 15 - 19 Jahren.

Kritik bezüglich der prozentualen Schlagvolumenwerte:

Die hier festgestellte prozentuale Schlagvolumensteigerung unter Belastung scheint den wahren Verhältnissen nicht gerecht zu werden, denn bei einer größeren Anzahl der untersuchten Kinder ergaben sich Erhöhungen um mehrere 100 Prozent, was aber aufgrund von Katheteruntersuchungen niemals zutreffen kann. Schneider, Rost und Bogner (1971) (83) fanden beispielsweise bei erwachsenen Sportlern unter Belastung lediglich einen Schlagvolumenanstieg von 25 % gegenüber dem Ruhewert. Wahrscheinlich ist dieser Fehler unter anderem auf eine falsche Interpretation der IKG-Kurve zurückzuführen. Vielleicht entspricht dieser relative Schlagvolumenwert überhaupt nicht diesem, sondern einer Größe, in die zwar das Schlagvolumen miteingeht, die aber zusätzlich noch durch weitere Faktoren beeinflußt wird.

Schieken, Patel, Falsetti, Barnes und Lauer (1978) (80) bestimmten aufgrund impedanzkardiographischer Untersuchungen an Patienten mit Aorteninsuffizienz die sogenannte Fläche S unterhalb der größten positiven Zacke im IKG sowie die Fläche X der unmittelbar anschließenden negativen Zacke, um mit deren Hilfe den Quotienten X/S bilden zu können. Dabei fanden die Autoren eine enge Korrelation zwischen der Fläche X und dem mittels Katheterisierung bestimmten Rückflußvolumen durch die Aortenklappe während der Diastole. In ähnlicher Weise zeigt sich auch eine enge Beziehung zwischen dem Quotienten X/S und dem Verhältnis aus angiographisch ermitteltem Rückfluß- und Auswurfvolumen. Durch isometrische Arbeit soll sich unter anderem der Quotient X/S entsprechend der Zunahme des Quotienten aus Rückfluß und Auswurfvolumen vergrößern.

Während hier die Absicht bestand, eine nichtinvasive Belastungsart zu erproben, wiesen Lock, Einzig und Moller (1978) (50) auf die besondere Bedeutung der Durchführung einer Belastungsuntersuchung bei gleichzeitiger Katheterisierung hin, um auf diese Weise das Verhalten verschiedener Herz-Kreislauf-Parameter einschließlich ihrer gegenseitigen Beziehung näher beurteilen zu können. Ein derartiges Verfahren verlangt jedoch einen weitaus höheren technischen, personellen und zeitlichen Aufwand und entspricht somit nicht den Zielvorstellungen der hier durchgeführten Untersuchungsreihe. Desweiteren kann eine Katheterisierung ohnehin nur bei spezieller Indikation erfolgen, so daß es sich unter Umständen als schwierig gestaltet, auf diese Weise Normalwerte von herzgesunden Kindern als Vergleichsbasis für herzkranke Jungen und Mädchen zu erhalten.

8. Beziehung zwischen Schlagvolumen und Herzminutenvolumen unter Betrachtung der zur jeweiligen Belastungsstufe gehörigen Maximalwerte

Trotz der fehlerhaften Werte des SV und des HMV zeigt sich dennoch im allgemeinen eine ziemlich hohe Korrelation zwischen diesen beiden Größen, wahrscheinlich deshalb, weil beide in gleicher Richtung verfälscht sind. In der Literatur wird allerdings aufgrund von Katheteruntersuchungen die enge positive Korrelation zwischen SV und HMV in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung bestätigt (83).

9. Beziehung zwischen Blutdruckamplitude und Schlagvolumen am Ende der Belastung

Insgesamt betrachtet zeigt sich zwischen Blutdruckamplitude und Schlagvolumen keine Abhängigkeit, was auch nicht zu erwarten ist, weil viele Kinder ihre höchsten SV- bzw. Amplitudenwerte nicht erst bei Maximalbelastung, sondern bereits auf der 1. Leistungsstufe erreichen. Allerdings bestehen deutliche Unterschiede zur Ruhesituation, wo beide Größen viel niedrigere Werte aufweisen als unter Belastung. Jedenfalls läßt sich daraus folgern, daß aufgrund der fehlenden Korrelation die früher teilweise üblichen Rückschlüsse vom Amplitudenwert auf das SV nicht zulässig sind (69). In diesem Zusammenhang ist auch zu bedenken, daß der Blutdruck nicht nur vom SV, sondern auch von vielen anderen Größen beeinflußt wird, wie z. B. dem peripheren und elastischen Widerstand. Auch andere Autoren lehnen eine Gleichsetzung des Schlagvolumens mit der Blutdruckamplitude ab (74,83).

10. Trainingseinfluß auf das Leistungsverhalten

Bereits Noeggerath (1926) (65) weist auf die Trainierbarkeit von Kindern und Jugendlichen hin. Allerdings müssen ihm zufolge Höchstleistungen bezüglich der Kraft und Daueranspannung im Kindesalter fortfallen, statt dessen fordert er die sogenannte in der Harmonie der Ausführung bestehende Stilleistung. Außerdem sei es wichtig, die Leibesübungen nach Intensität und Ausmaß auf die jeweilige sensible Periode des wachsenden Organs und Organismus abzustimmen, um den Wachstumsreiz der körperlichen Betätigung voll zur Wirkung kommen zu lassen.
Nach Joppich und Quednau (1944) (27) erfolgt bei einer definierten Belastung beim Trainierten ein geringerer Anstieg des Arbeitsblutdrucks als beim Untrainierten, wobei auch schon beim Kind durch Training eine Verminderung der nach ihrer Ansicht ungünstigen Arbeitsblutdruckerhöhung möglich sein soll. Drews (1965) (14) stellte ebenfalls bei leistungsschwächeren Jugendlichen auf einer bestimmten Belastungsstufe einen höheren syst. Blutdruck fest als bei trainierten. Desweiteren beobachtete er bei Dauertrainierten die niedrigste Pulsfrequenzrate sowohl in Ruhe als auch unter Belastung.
König, Roskamm und Reindell (1965) (46) machen darauf aufmerksam, daß als Trainingseffekt bei Hochleistungssportlern ausgeprägte Umstellungsvorgänge innerhalb des Herz-Kreislaufsystems festzustellen sind, nicht dagegen im Bereich des Atemsystems. Inwieweit diese Bemerkungen über die Trainierbarkeit des kardiovaskulären Systems auch für Kinder zutreffen, läßt sich allerdings daraus nicht unmittelbar ableiten. Nach Hoffmann (1968) (22) soll eine Vervollkommnung der Leistungsbreite des kardiovaskulären Systems durch Laufübungen und Spiele im mittleren und submaximalen Intensitätsbereich sowie Ausnutzung der physiologischen Reizwirkung kurzer Erholungsphasen besonders in der Mittelstufe (10 - 11 Jahre) möglich sein.

Eine gesundheits- und leistungsfordernde Dauerbelastung soll ihm zufolge angeblich nur durch ein geeignetes Ausdauertraining erreichbar sein. Buchberger (1971) (10) weist darauf hin, daß Kinder mit intensivem Körpertraining im Schwimmen auf eine vorgeschriebene Leistung mit niedrigerer Herzfrequenz und höherem syst. Blutdruck reagieren als Untrainierte. Zusätzlich vermutet der Autor bei Trainierten eine wesentlich stärkere Zunahme des Schlagvolumens unter Belastung, so daß trotz relativ niedrigerer Herzfrequenz eine adäquate HMV-Steigerung ebenso gewährleistet ist wie bei untrainierten Kindern, bei denen vor allem über die Frequenz ein ausreichendes HMV zustandekommt.
Köhler (1976) (44) vertritt die Ansicht, daß die größte Steigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen in der Unterstufe (Klasse 1- 3) erreicht werden kann, diese Ausdauerleistungsfähigkeit jedoch nicht voll ausgeschöpft würde.
Obwohl bei der hier durchgeführten Belastungsart die Kinder nicht im Hinblick auf ihre Ausdauer untersucht wurden, ist zu bezweifeln, daß gerade die jüngsten Schüler diesbezüglich am besten trainierbar sein sollen, besonders wenn man bedenkt, daß bei Kindern ja ohnehin das Muskelsystem oft schon relativ frühzeitig versagt, auch wenn das Herz-Kreislauf-System durchaus noch zu einer höheren Leistung befähigt wäre,
Wurster (1976) (95) fordert aus ähnlichen Gründen wie auch Köhler im Kindesalter ein verstärktes Ausdauertraining, das in erster Linie im steady-state ausgeführt werden sollte, weil der kindliche Organismus vorwiegend aerob arbeitet und nur eine geringe O_2-Schuld eingehen kann.
Nach Nagel (1979) (63) soll im Schulalter zuerst die Ausbildung konditioneller Fähigkeiten und Fertigkeiten erfolgen, anschließend die Entwicklung der Schnelligkeit und Ausdauer und erst am Schluß das Krafttraining. Strauzenberg und Schwidtmann (1976) (90) heben insbesondere die

Tatsache hervor, daß beim Ausdauersportler ein 5 -6facher Anstieg der Pulsfrequenz gegenüber dem Ruhewert möglich sei, beim Untrainierten dagegen lediglich ein 3facher Anstieg. Während beim Trainierten die kritische Herzfrequenz ca. 200 Schläge/min beträgt, liegt diese beim Untrainierten um 10 Schläge/min niedriger. Beim Überschreiten der kritischen Herzfrequenz ist eine ausreichende diastolische Füllung nicht mehr gewährleistet. Desweiteren wird bei Ausdauersportlern eine schnellere Rückkehr der Herzfrequenz während der Erholungsphase beobachtet als bei Untrainierten. Die beim Ausdauersportler zu beobachtende Ruhebradykardie ist einerseits auf den dominierenden Vaguseinfluß, andererseits auf eine verminderte Reaktion auf adrenergische Stimuli zurückzuführen. Inwieweit diese Ergebnisse auch für das Kindesalter Gültigkeit haben, kann anhand der hier durchgeführten Untersuchungsreihe nicht beurteilt werden, da keine vergleichende Betrachtung zwischen untrainierten und trainierten Kindern stattfand. Jedoch scheint die Annahme berechtigt, daß ein derartiger Trainingseffekt besonders bei den jüngeren Kindern kaum zu beobachten ist, da ein so intensives Training wie bei Erwachsenen noch nicht durchgeführt werden kann. Außerdem gleichen die nicht trainierenden Kinder dieses Defizit gegenüber den regelmäßig sporttreibenden häufig durch erhöhte körperliche Aktivität in ihrer Freizeit aus, so daß schon aufgrund dieser Annahme keine eindeutigen Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen zu erwarten sind. Schneider, Rost und Bogner (1971) (83) beschreiben die Veränderung verschiedener Herz-Kreislauf-Parameter unter Trainingseinfluß, worauf aber hier nicht näher eingegangen werden soll, da sie den obigen Ergebnissen im wesentlichen entspricht.

11. Transkutane Messung der arteriellen O_2-Sättigung

Diese Maßnahme wurde nur bei einigen wenigen Kindern am hyperämisierten Ohr unmittelbar nach Belastungsende durchgeführt, wobei sich bei keinem eine Erniedrigung der O_2-Sättigung nachweisen ließ, was bei einer derartig kurzen Belastungsdauer auch nicht zu erwarten war. Es kann also davon ausgegangen werden, daß bei gesunden Kindern im Rahmen einer Kurzzeitbelastung keine O_2-Schuld festzustellen ist und infolgedessen auch eine schnellere Erholung erfolgt im Vergleich zu einer steady-state-Belastung mit ausgeprägter O_2-Schuld. Da in der Literatur immer wieder auf die nur gering entwickelte Fähigkeit besonders des kleineren Kindes zur anaeroben Arbeit hingewiesen wird, findet die Kurzzeitbelastung auch in dieser Hinsicht ihre Berechtigung. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß das Verfahren der transkutanen O_2-Messung unter anderem bei herzkranken Kindern während Katheteruntersuchungen eine große Bedeutung erlangt hat, um Hypoxämien als Folge von Rhythmusstörungen bzw. Kontrastmittelgaben zu erkennen, desweiteren zur Kontrolle des Hyperoxietests. Diese Möglichkeit wird in der Literatur z. B. von Bucher, Menner, Huch und Huch (1977) (12) beschrieben.

12. Spiroergometrie

Obwohl in der Literatur sehr häufig spirographische Methoden zur Ermittlung der körperlichen Leistungsfähigkeit beschrieben werden, wurden hier auf derartige Untersuchungen aus verschiedenen Gründen verzichtet; zum einen wäre damit nämlich ein erheblich größerer technischer Aufwand und mehr Hilfspersonal erforderlich gewesen, zum anderen hätte sich dadurch die gesamte Untersuchungsdauer verlängert, was ja unbedingt vermieden werden sollte.
Wie bereits erwähnt, bestand hier die Absicht, eine Methode zu finden, die in relativ kurzer Zeit durchführbar ist und trotzdem repräsentative Normalwerte zu liefern vermag. Desweiteren sei noch hinzugefügt, daß vor allem bei den jüngeren Kindern spirographische Untersuchungen möglicherweise zu einer nicht unbedeutenden Beeinträchtigung ihrer Leistungsbereitschaft führen.
Nach Kirchoff, Reindell und Giese (1956) (32) erweist sich ein Anstieg des respiratorischen Quotienten auf einen Wert von 1 als arbeitsbegrenzender Faktor. Außerdem sind nach Meinung dieser Autoren hohe Sauerstoffäquivalentwerte als Ausdruck besonderer Leistungsfähigkeit zu betrachten.Dressler und Mellerowicz (1961) (13) kommen zu dem Ergebnis, daß die O_2-Aufnahme linear ansteigt mit zunehmender absoluter Belastung. Bezüglich des O_2-Pulses zeigen die Knaben grundsätzlich höhere Werte als die Mädchen; entsprechendes trifft auch für das Atemäquivalent zu, weshalb beim weiblichen Geschlecht unökonomischere Atmungsverhältnisse anzunehmen sind als bei Knaben gleicher Konstitution. Hollmann, Bouchard und Herkenrath (1965) (23) geben die maximale Sauerstoffaufnahme als zuverlässigstes Bruttokriterium zur Beurteilung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit an. Von diesen Autoren wird eine Dysharmonie zwischen Organ- und Skelettentwicklung abgelehnt, dagegen eine enge Korrespondenz zwischen der Entwicklung des Skelettsystems und maximaler O_2-Aufnahme

bzw. Herzvolumen angenommen. König, Murukas, Roskamm und Reindell (1965) (45) nehmen Stellung zur Atemtiefe unter Belastung, indem sie darauf hinweisen, daß die Atmung einerseits nicht zu tief sein sollte infolge der dann auftretenden Mehrarbeit duch Zunahme des elastischen Widerstands, andererseits aber auch nicht zu flach geatmet werden sollte wegen der dadurch bewirkten zu großen Totraumventilation. Desweiteren erweist sich weder eine zu schnelle noch eine zu langsame Atmung als günstig. Jedoch sind sportliche Höchstleistungen auch bei weniger ökonomischer Atmung erzielbar, nicht dagegen bei unökonomischer Arbeitsweise des Herz-Kreislaufsystems. Mocellin, Sebening und Bühlmeyer (1973) (62) stellten einen linearen Anstieg des HMV und der Herzfrequenz mit zunehmender O_2-Aufnahme fest, dagegen einen hyperbolen Anstieg der avO_2-Differenz mit ansteigender O_2-Aufnahme. Ihrer Ansicht zufolge transportieren jüngere Kinder gleiche Sauerstoffmengen mit niedrigerem HMV als ältere Kinder, indem erstere bei gleicher O_2-Aufnahme höhere Werte für die avO_2-Differenz aufweisen. Körperliche Belastung führt parallel der vermehrten O_2-Aufnahme bekanntlich zur Hyperventilation. Aber auch bereits unmittelbar vor Belastungsbeginn ist eine Mehrventilation zu verzeichnen, die unter anderem auf eine kortikale Mitinnervation des Atemzentrums zurückzuführen ist (36). Klimt (1975) konnte desweiteren eine lineare Beziehung zwischen körperlicher Belastung bzw. O_2-Aufnahme einerseits und Herzschlagfrequenz andererseits nachweisen. Die maximale O_2-Aufnahme als bestes Maß der aeroben Ausdauer bei gleichzeitig vorhandener guter Korrelation zwischen maximaler O_2-Aufnahme und maximalem HMV wird auch durch Buchberger (1979) (11) hervorgehoben, nach dessen Ansicht der O_2-Puls und die PWC_{170} Rückschlüsse auf die funktionelle Adaption des Herz-Kreislaufsystems an die physische Arbeit erlauben.
Die Spezifische Ventilation als Quotient aus Atemzeitvolumen und Sauerstoffaufnahme zeigt nach initialem Abfall

einen erneuten Anstieg mit zunehmender Leistung, wobei letzterer um so früher erfolgt, je geringer die Steigerung des HMV ist (72). Entsprechend dem Schlagvolumen erreicht auch der O_2-Puls seinen Maximalwert erst in der postergometrischen Phase, wobei allerdings die avO_2-Differenz berücksichtigt werden muß (83). Nach Schneider, Rost und Bogner (1971) (83) eignet sich die von Wahlund eingeführte PWC_{170} genausogut zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit wie der O_2-Puls, welcher außerdem viel schwieriger zu handhaben ist.

13. Kinder mit Mitralklappenprolaps (MKP)

Aufgrund der Tatsache, daß diese Kinder bezüglich des Verhaltens der Frequenz, des Blutdrucks und einiger weiterer Herz-Kreislaufparameter unter Belastung und während der Erholung keine wesentlichen Unterschiede im Vergleich zu den übrigen Kindern aufweisen, wurden auch die Werte dieser Kinder zur Ermittlung von Normalwerten herangezogen. Auf besondere Reaktionsweisen wie z. B. vermehrtes Auftreten von Extrasystolen und erhöhte Streuung der Herzfrequenz in Ruhe und den Entspannungsphasen wird im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß Kinder, die einen Mitralklappenprolaps im Zusammenhang mit einem ausgeprägten Marfan-Syndrom aufweisen, von der Normalgruppe ausgeschlossen blieben. Nach Schmaltz und Ibrahim (1977) (81) ist ein MKP beim Marfan-Syndrom nahezu obligat. Differentialdiagnostisch muß ein Ausschluß einer funktionellen Subaortenstenose sowie einer Mitralinsuffizienz erfolgen, desweiteren eine Abgrenzung des rein akzidentiellen Geräusches, was beispielsweise mit Hilfe der Echokardiographie möglich ist (25). Während die Daten der Kinder mit rein akzidentiellem Herzgeräusch als Normalwerte betrachtet werden können, muß bei den zuvor genannten Krankheitsbildern ein Ausschluß der ermittelten Werte erfolgen.

14. Belastungsuntersuchungen in medizinischer und sportmedizinischer Hinsicht

Roskamm, Beckhove und Reindell (71) beobachteten 1965 die höchste Herzfrequenz während eines Skiabfahrtslaufs. Die sehr hohen Herzschlagfrequenzen bedingen eine nur geringe Füllung des Herzens während der Diastole und demzufolge ein nur kleines Schlagvolumen mit nicht besonders stark erhöhtem HMV, das andererseits als adäquater Trainingsreiz zu betrachten ist. Desweiteren ist das niedrige SV auf die hohe Druckarbeit des Herzens infolge hoher statischer Belastung der Muskulatur während des Skiabfahrtslaufs zurückzuführen. Daraus folgt, daß die Herzfrequenz kein verbindlicher Parameter für die Größe des HMV und damit die Trainingsbelastung darstellt. Die starke Erhöhung der Herzfrequenz bei Skiabfahrtsläufen kommt einerseits durch den Sauerstoffmangel in der statisch beanspruchten Muskulatur, andererseits über eine starke psychische Anspannung zustande. Letztere ist unter anderem auch für die starke Frequenzsteigerung bei Sportarten ohne wesentliche körperliche Anstrengung wie z. B. Fallschirmspringen verantwortlich zu machen. Nach Ansicht dieser Autoren sollten Sportarten mit hohen Frequenzanstiegen infolge starker psychischer Anspannung von Infarktgefährdeten aufgrund der damit verbundenen beträchtlichen Erhöhung des O_2-Bedarfs des Herzmuskels gemieden werden.

Eigelsreiter, Kubelka und Weimann (1967) (15) beobachteten bei Personen mit Persantingabe während körperlicher Arbeit im Hochgebirge eine geringere Pulsbeschleunigung und eine signifikante Steigerung der maximalen O_2-Aufnahme im Vergleich zu den Probanden ohne Persantingabe. Eine der wesentlichsten Persantinwirkungen stellt die bessere O_2-Versorgung der Gewebe dar, so daß Kreislaufbelastungen besonders bei hypoxämischen Zuständen besser toleriert werden.

Im Zusammenhang mit koronaren Herzkrankheiten weisen

Schweizer, Bucher und Widmer (1967) (87) auf die Notwendigkeit der EKG-Registrierung nicht nur während der Erholungs-, sondern auch während der Belastungsphase hin, um ischämische ST-Senkungen zu erkennen. Während in der Erwachsenenmedizin Belastungsuntersuchungen vor allem hinsichtlich ischämischer Herzkrankheiten eine große Bedeutung erlangt haben, spielen im Kindesalter angeborene Herzfehler eine weitaus größere Rolle, die dann gegebenenfalls eine Indikation zu einer standardisierten körperlichen Belastung gerechtfertigt erscheinen lassen. Desweiteren besteht die Möglichkeit, die Reaktion des Herz-Kreislaufsystems unter Belastung, sowohl vor als auch nach Medikamentengabe zu überprüfen; z. B. könnte man nach Verabreichung von Atropin infolge eines nur mangelhaften Anstiegs der Herzfrequenz während der Arbeit erneut eine Belastung durchführen, um festzustellen, ob nach der Medikamentengabe eine höhere Frequenzsteigerung zu verzeichnen ist.

Nach Schmutzler, Paeprer und Liebenschütz (1968) (82) zeigt sich bei Aortenstenosen unter Belastung keine wesentliche Veränderung der Druckgradienten bei leichten und schweren Formen, dagegen beobachtet man einen deutlichen Anstieg bei mittelschweren Fällen, insbesondere zwischen Ruhe und 1. Belastung. Der ausbleibende Anstieg des syst. Druckgradienten erklärt sich bei leichter Form durch die noch gering erweiterungsfähige Klappenöffnung, bei hochgradigen Stenosen dagegen durch die stark reduzierte Druckreserve des linken Ventrikels bei gleichzeitigem Anstieg des Aortendrucks. Bezüglich des Frequenzverhaltens zeigt sich lediglich bei schweren Stenosen eine oberhalb der Norm liegende Herzfrequenz.

Nach Gloger (1972) (19) gilt der enddiastolische Pulmonalarteriendruck als Parameter für den enddiast. linksventrikulären Druck. Diesbezüglich weist er auf den enddiastolisch fast vollständigen Druckausgleich im kleinen Kreislauf zwischen geschlossener Pulmonalarterien- und Aorten-

klappe hin, desweiteren soll sich der diast. Pulmonalarteriendruck im Gegensatz zum syst. und mittleren Druck als altersunabhängig erweisen. Eine Indikation zur Messung des enddiast. Pulmonalarteriendrucks unter Belastung ergibt sich bei allen klinisch nicht faßbaren Herzinsuffizienzen sowie im Zusammenhang mit einer repräsentativen Untersuchungsreihe.
Bei Herzfrequenzen von 180 und mehr werden von Sportlern syst. Blutdruckwerte erreicht, die für Untrainierte nicht mehr zugänglich sind (26). Außerdem wird häufig wieder eine Verringerung des syst. Blutdrucks oberhalb einer Frequenz von 180/min beobachtet. Dies bedeutet, daß hier der Bereich günstiger Kreislaufreaktionen wieder verlassen wird. Im Anschluß an eine schnelle Rückbildung des syst. Blutdrucks innerhalb von 10 Minuten stellten Israel und Köhler (1972) (26) häufig ein stundenlanges Unterschreiten des Ausgangswertes fest, was als Senkungsphänomen bezeichnet wird und besonders ausgeprägt bei Hypertonikern ist. Diast. Werte über 100 während der Belastung sind nach Ansicht dieser Autoren als vaskuläre Fehlregulation zu deuten.
Steudtner (1972) (89) vertritt die Ansicht, daß es sich beim Hochdruck normalerweise um eine Sollwertverstellung handelt, weshalb er als Therapie vor allem Funktionstraining, Physiotherapie usw. empfiehlt. Infolge des Übergangs der labilen Blutdruckwerte vor Belastung zu stabilen in der Arbeitspause sollte seiner Meinung nach die Messung des Blutdrucks am besten 10 Minuten nach Belastung im sogenannten Beharrungszustand erfolgen, um dadurch die niedrigsten Werte zu erhalten. Ein gestörtes Übergangsverhalten gilt somit als Zeichen der Dekompensation. Da durch eine verstärkte Vorhofkontraktion eine Unterbrechung des enddiast. Druckausgleichs zwischen Pulmonalarterie und linkem Ventrikel erfolgt, läßt sich bei Patienten mit linksventrikulärer Dysfunktion der absolute linksventrikuläre enddiast. Druck (LVEDP) nur aus dem mittleren Pul-

monalarteriendruck (PAPM) mit ausreichender Sicherheit ermitteln und zwar sowohl in Ruhe als auch unter Belastung (6). Lediglich bei Kontraktionsinsuffizienz des linken Vorhofs, z. B. im Zusammenhang mit Vorhofflimmern, ergibt sich eine Übereinstimmung zwischen dem PADP (diast. Pulmonalarteriendruck) und dem LVEDP. Diese Feststellung steht in gewissem Gegensatz zur Aussage Glogers (1972) (19), der die Ansicht vertritt, daß der enddiast. Pulmonalarteriendruck aufgrund seiner Altersunabhängigkeit sich in besonderem Maße zur Beurteilung des enddiast. linksventrikulären Drucks eignet im Gegensatz zu dem altersabhängigen mittleren Pulmonalarteriendruck.
Kubicek und Zwick (1976) (47) fanden unter Belastung einen progressiven Anstieg des syst., diast. und mittleren Pulmonalarteriendrucks. In Relation zum HMV zeigt sich eine deutliche Zunahme des syst. und mittleren Pulmonalarteriendrucks, dagegen nur eine geringgradige des diast. Wertes. Außerdem beobachteten diese Autoren mit zunehmendem Alter einen immer stärkeren Anstieg des syst. und diast. Drucks.
Für die kaschierte arterielle hypertone Reaktionslage ist ein schneller ausgeprägter Druckanstieg unter Belastung, gefolgt von einem abrupten Absinken und Unterschreiten des Ruhewertes mit blassem Hautkolorit und Kollapsneigung während der anschließenden Erholungsphase charakteristisch. Scheele und Scheele (1979) (78) empfehlen daher ein Ausdauertraining zum Erreichen einer besseren Anpassungsfähigkeit an die geforderte Leistung. Bei manifester Hypertonie ist neben einem sofortigen Anstieg des syst. Blutdrucks unter Belastung eine langdauernde Persistenz der hypertonen Werte während der Entspannungsphase zu beobachten. Deshalb sollte vor Beginn von kontrollierten Ausdauerbelastungen eine gezielte medikamentöse Therapie eingeleitet werden. Auch im Rahmen kindlicher Hypertonien können Belastungsuntersuchungen indiziert sein, z. B. bei Verdacht auf eine Aortenisthmusstenose, bei der unter Be-

lastung sehr hohe Blutdruckwerte auftreten. Während bei essentieller Hypertonie eine Belastung ebenfalls gerechtfertigt sein kann, um das Blutdruckverhalten zu beobachten, ist bei renaler Hypertonie besondere Vorsicht erforderlich, da gewisse Nierenkrankheiten eine Kontraindikation für Belastungsuntersuchungen darstellen.
Strauzenberg und Schwidtmann (1976) (90) fanden bei trainierten Ausdauersportlern auf gleicher Leistungsstufe eine um 20 bis 30 Schläge/min niedrigere Herzfrequenz im Vergleich zu untrainierten Personen. Dadurch ergibt sich für den Herzmuskel ein geringerer O_2-Bedarf und infolge der längeren Diastole eine größere Durchblutung mit besserer O_2-Versorgung. Eine Verringerung der Frequenz um 10 Schläge/min bewirkt eine O_2- und Energieeinsparung des Herzens um nahezu 15 %. Desweiteren wird beim Ausdauertrainierten in Ruhe ein normales oder vergrößertes SV gegenüber dem Untrainierten beobachtet. Bezüglich des HMV ergibt sich sowohl in Ruhe wie auch unter Belastung beim Ausdauertrainierten ein niedrigerer Wert, was einerseits auf die in Ruhe bestehende Bradykardie, andererseits auf die bessere Bewegungsökonomie, die bessere Gesamtregulation und die erhöhte Anpassungsfähigkeit unter Belastung zurückzuführen ist. Allerdings erreicht der Ausdauersportler weitaus höhere Maximalwerte bezüglich des HMV als der Untrainierte. Im Gegensatz zu den oben genannten Autoren fanden Schneider, Rost und Bogner (1971) (83) vergrößerte HMV-Werte in Ruhe, weisen allerdings darauf hin, daß es sich nur um eine scheinbare Erhöhung infolge der vergrößerten KOF der Sportler handelt. Während das Ruheschlagvolumen vom Trainingszustand abhängig sein soll, stellt nach Meinung dieser Autoren der Anstieg des SV unter Belastung kein Maß für den Trainingszustand dar. Desweiteren konnten bei den besttrainiertesten Sportlern die niedrigsten Frequenzen beobachtet werden. Dabei bedeutet die bradykarde Arbeitsweise, daß das Herz im Schongang arbeitet und Energie spart, wobei infolge des hohen Ruheschlagvolumens für

ein adäquates HMV eine niedrigere Herzfrequenz ausreicht. Aufgrund der Tatsache, daß das SV bereits auf niedrigen Belastungsstufen maximale Werte erreicht, ist oberhalb einer Frequenz von 120 Schlägen/min keine weitere SV-Steigerung mehr zu erwarten. Hinsichtlich des Blutdrucks lassen sich die erhöhten syst. Werte unter Belastung auf ein erhöhtes HMV zurückführen entsprechend der hyperkinetischen Zirkulation nach Widimsky bzw. der hyperzirkulatorischen Einstellung nach Heinecker. Während unter Belastung eine Verringerung des Blutvolumens infolge des Verlusts von Plasma in das Interstitium festzustellen ist, übertrifft das Blutvolumen während der Erholungsphase sogar den Ausgangswert aufgrund einer verstärkten Hautdurchblutung und des Nachlassens des Venentonus mit Vergrößerung des Gefäßbettes. Unter Belastung erfolgt ein Abfall des peripheren Widerstands, der auch während der Entspannung noch längere Zeit erhalten bleibt.
Köttgen (1957) (46) führt zur Abgrenzung von Herzkranken gegenüber Normalen und vegetativ Labilen folgende zwei Formeln an.

$$\text{Belastungsquotient (BQ)} = \frac{\text{Ampl. x Puls unter Bel.}}{\text{Ampl. x Puls in Ruhe}} \times \frac{\text{Mitteldruck in Ruhe}}{\text{Mitteldruck unter Bel.}}$$

$$\text{Erholungsquotient (EQ)} = \frac{\text{Ampl. x Puls 3' nach Bel.}}{\text{Ampl. x Puls in Ruhe}} \times \frac{\text{Mitteldruck in Ruhe}}{\text{Mitteldruck 3' nach Bel.}}$$

Dabei soll bei Herzgesunden der BQ mindestens doppelt so groß sein wie der EQ.

15. Pulsverhalten bei psychischer Anspannung

Wie bereits erwähnt weisen eine größere Anzahl der Kinder relativ hohe Ruhefrequenzen auf, was auf eine erhöhte psychische Anspannung zurückgeführt werden kann. Aufgrund der neuartigen, völlig fremden Situation wird vor allem bei den kleineren Kindern die psychische Erregung verständlich. Bei den älteren spielt das Bestreben möglichst gute Leistungen zu erbringen, eine wesentliche Rolle, vor allem bei gleichzeitiger Anwesenheit eines Elternteils. In den meisten Fällen stellt sich jedoch eine derartig erhöhte Herzschlagfrequenz wie in Ruhe während der Erholungsphasen nicht wieder erneut ein, so daß man davon ausgehen kann, daß sich die psychische Gesamtsituation der Kinder während des Untersuchungsablaufs stabilisiert.
Auch in der Literatur werden psychisch bedingte Frequenzerhöhungen beschrieben. Beispielsweise berichten Rutenfranz, Hellbrügge, Stehr, Hocke und Hocke (1969) (75) über Pulsfrequenzsteigerungen während eines Filmerlebnisses. Im Gegensatz zu körperlichen Belastungen bewirken affektbetonte Szenen ein abruptes Ansteigen der Frequenz, das von einem ebenso plötzlichen Rückgang der Herzschlagzahl nach Abklingen des Affekts gefolgt ist. Insgesamt betrachtet zeigt sich eine Abhängigkeit psychisch bedingter Kreislaufreaktionen von der Bedeutungsvalenz der Reizsituation, wobei bezüglich des Filmerlebnisses insbesondere Vereinsamung und Verlassenheit eine starke Beeindruckung der Kinder bewirkten.
Zu einem ähnlichen Ergebnis wie die oben genannten Autoren kam auch Brugsch (1957) (9), der vor und während einer Venenpunktion in 70 % der Fälle eine erhöhte Pulslage feststellte. Dabei schien die Frequenzhöhe von der Angststärke abhängig zu sein. Insbesondere furchtsame Kinder wiesen sympathikotone Stromkurven auf, während bei Kindern mit stiller Furcht vorwiegend bradykarde Stromkurven auftraten.

16. Belastungsuntersuchungen bei herzkranken Kindern

1. Mocellin, Sebening und Bühlmeyer (61) nehmen 1972 Stellung zu fahrradergometrischen Belastungen bei Kindern und Jugendlichen mit operierten Herzfehlern. Dabei war bei Patienten mit cyanotischen Herzfehlern die körperliche Leistungsfähigkeit, gemessen als W_{170}, vor der Operation erheblich eingeschränkt. Die postoperative Bestimmung ergab eine weitgehende Normalisierung der hämodynamischen Verhältnisse durch die Operation, lediglich in den ersten 6 Monaten nach der Operation zeigte sich noch eine deutliche Einschränkung der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit. Mocellin (1973) (53) ist der Ansicht, daß nach Ablauf eines halben Jahres seit der Operation im allgemeinen eine positive Entscheidung bezüglich der Teilnahme am Sportunterricht getroffen werden kann.
Mittels Fahrradergometrie bei Kindern mit Fallotscher Tetralogie fanden Mocellin, Bastanier, Hofacker und Bühlmeyer (1975) (56) eine außerordentliche Verbesserung der Funktion des kardiovaskulären Systems gegenüber dem Zustand vor der Operation, jedoch auch Jahre nach der Operation zeigte sich in vielen Fällen noch eine mittelgradige Einschränkung der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit, die im wesentlichen auf eine Verminderung des effektiven Schlagvolumens und damit des Herzminutenvolumens gegenüber den Werten gesunder Kinder zurückgeführt wird.
Mocellin, Friedman, Sebening und Bühlmeyer berichten 1975 (57) über fahrradergometrische Untersuchungen bei Kindern mit Ventrikelseptumdefekt und pulmonaler Hypertonie. Nach ihrer Ansicht können derartige Untersuchungen zur Abklärung der Operationsindikation bei Kindern mit pulmonaler Hypertonie beitragen, zeigen dabei andererseits auch, daß bei banding-Operationen nach dem 2. Lebensjahr eine endgültige Operation im allgemeinen nicht mehr möglich ist. Unter anderem war bei Ventrikelseptumdefekt mit nicht hochgradiger pulmonaler Hypertension eine Abnahme des

Links-Rechts-Shunts festzustellen aufgrund des stärkeren Widerstandsabfalls im großen gegenüber dem kleinen Kreislauf. Bei Kindern mit Eisenmenger-Syndrom verstärkte sich der bereits in Ruhe vorhandene Rechts-Links-Shunt unter Belastung, jedoch war der Anstieg begrenzt, da der bereits vor Belastung erhöhte Widerstand im großen Kreislauf nicht in gleicher Weise abfiel wie bei Gesunden.

Mocellin und Bastanier (54) wiesen 1976 darauf hin, daß auch bei herzkranken Kindern eine positive Korrelation zwischen W_{170} und maximaler O_2 - Aufnahme besteht, die Beziehung aber nicht so eng ist, um aufgrund von Messungen der W_{170} auch im Einzelfalle mit genügender Sicherheit eine Aussage über die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit machen zu können. Mit Hilfe der indirekt zu bestimmenden W_{170} ist lediglich eine Grobdifferenzierung der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit bei herzkranken Kindern möglich. Die Feindifferenzierung erfordert eine direkte Ermittlung der maximalen O_2 - Aufnahme.

Bastanier, Kaltwasser und Mocellin (1977) (1) führten postoperative Belastungsuntersuchungen bei Kindern und Jugendlichen mit valvulärer Pulmonalstenose durch. Nach Operation fand sich häufig noch eine Reststenose mit bei Belastung im allgemeinen stärkerem Anstieg des rechtsventrikulären Drucks als bei Gesunden. Trotzdem ergab sich nur eine geringe Einschränkung der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit, gemessen als maximale O_2 - Aufnahme. Daraus folgt also, daß die maximale O_2 - Aufnahme als Ausdruck der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit bzw. das Schlagvolumen als eines wesentlichen Parameters für die Beurteilung des Operationsergebnisses nicht überschätzt werden darf. Bei überproportionalem Anstieg des rechtsventrikulären Drucks unter Belastung, vor allem bei gleichzeitigem Abfall des Schlagvolumens empfiehlt sich eine Reoperation.

2. Im Jahre 1977 berichteten v. Bernuth, Lang und Hofstetter (4) über die Belastung von zwei Kindern mit Sinusbradykardie und normalem QT-Intervall in Ruhe. Unter Belastung traten bei beiden Kindern zunächst einzelne mono- und polymorphe ventrikuläre Extrasystolen auf mit anschließendem Übergang in einen ventrikulären Bigeminus, der seinerseits von einer polymorphen ventrikulären Tachykardie gefolgt wurde. Die Sinusfrequenz stieg auch unter erschöpfender Belastung nicht über 100 bzw. 115 Schläge/min.

3. Bei 5 Kindern und Jugendlichen mit angeborenem totalen AV-Block in Ruhe und während submaximaler und maximaler Belastung stellten Mocellin und Bastanier (1977) (55) eine Kompensation der erniedrigten Kammerfrequenz hauptsächlich über das Schlagvolumen fest. Die um 10 % höher als normal liegende avO_2-Differenz wird als weitaus weniger wirksamer Kompensationsmechanismus betrachtet.

VIII. Zusammenfassung

Unter der Zielsetzung einer exakt dosierbaren und reproduzierbaren körperlichen Belastungsform wurden verschiedene Modifikationen und Protokolle fahrradergometrischer Untersuchungen in der Praxis erprobt und in der Literatur mitgeteilt. Bei weitem überwiegen hier Belastungsuntersuchungen unter steady-state-Bedingungen oder zur vita-maxima-Bestimmung.

In der hier vorliegenden Arbeit wird ein bisher in dieser Weise in der Literatur nicht mitgeteiltes, stufenweises Belastungsprotokoll mit Ruheintervallen erprobt und vorgestellt, das aus jeweils 1-minütigen Belastungsphasen mit intermittierender Steigerung um 0,5 - 1 Watt/kg Körpergewicht und anschließend 2-minütigen Entspannungsphasen besteht. Am Ende der Entspannungsphasen waren in der Regel dabei die Ruhewerte sämtlicher beurteilter Parameter wieder erreicht.

Mehrstufige Belastungstests haben den Vorteil, daß der Proband unter stufenweiser Adaptation des Kreislaufs auch im muskulär submaximalen Bereich an die ihm zumutbare Belastbarkeitsgrenze herangeführt werden kann.

Sieber, 1973 (s. Lit. 92 Valentin, 1976, S. 341) konnte bei submaximalen Testverfahren nachweisen, daß die stufenweise ansteigende Belastungsart der kontinuierlich ansteigenden und der konstanten Belastung bei jeweils gleicher physikalischer Endleistung in der Aussagekraft überlegen ist und Valentin (92, 1976, S. 341) wies auf die geringe Patientengefährdung dieser Belastungsform hin, wobei er differenzierte, einerseits zwischen Sportlern und gesunden Probanden, bei denen er eine stufenweise ansteigende Belastung ohne Entspannungsphase vorschlägt und andererseits Patienten mit Leistungseinschränkungen, bei denen eben-

falls eine stufenweise ansteigende Belastungsart, jedoch mit Einschub von Arbeitspausen aus Sicherheitsgründen empfohlen wird.

Smodlaka, 1972 (s. Lit. 92 Valentin, 1976, S. 343) ging so weit, daß er zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Schwerbehinderten und ernsthaft erkrankten Patienten eine liegende Fahrradergometerbelastung in Stufen von jeweils nur 30 Sekunden Dauer mit anschließend 1-minütiger Erholungspause durchführen ließ.
Bei der Ermittlung von Normwerten für eine kinderkardiologische Ambulanz waren daneben Überlegungen zur Praktikabilität des verwendeten Untersuchungskonzepts erforderlich: In Anpassung an die noch nicht zuverlässige Einhaltung reproduzierbarer Tretgeschwindigkeiten wurden die Untersuchungen am drehzahlunabhängigen Fahrradergometer durchgeführt. Trotzdem mußten die Kinder eine möglichst konstante Drehzahl oberhalb des Limits von 45 - 50 Umdrehungen pro Minute einhalten.
Soweit durchführbar, wurde die Sitzhöhe der Größe der Probanden angepaßt.
Um volle Mitarbeit zu erreichen und um das gesamte Untersuchungsprogramm mit vertretbarem Zeitaufwand durchzuführen, wurde die Belastungsdauer auf den einzelnen Belastungsstufen in obengenannter Weise kurz gehalten.

Die hier mitgeteilten Normwerte wurden aus einem Probandenkollektiv von 96 Jungen und 89 Mädchen im Alter von 5,5 bis 15,5 Jahren ermittelt. Sowohl die Mädchen als auch die Jungen wurden in jeweils 10 Altersgruppen aufgeteilt.

Folgende Parameter wurden während Belastung und Entspannung fortlaufend überwacht:
a) Herzfrequenz unter fortlaufender EKG-Schreibung
b) Blutdruckverhalten am Belastungsende und Verlauf wäh-

rend der Erholung. Die Messung erfolgte z. T. manuell nach Riva-Rocci, z. T. halbautomatisch nach einem modifizierten oszillometrischen Prinzip.

c) Das Verhalten der impedanzcardiographisch ermittelten systolischen Zeitintervalle während Belastungs- und Entspannungsphasen, wobei die Vermessung sowohl mittels eines in der Zusammenarbeit des Instituts für Biomedizinische Technik, Stuttgart und der Abteilung für Pädiatrische Kardiologie Tübingen entwickelten Auswertegeräts, als auch manuell durch Vermessung des Analogsignals dz/dt erfolgte.

d) Neben der Größe LVET (linksventrikuläre Auswurfzeit = left ventricular ejection time) wurden aus dem Impedanzcardiogramm ermittelt:
UCD (ein durch das Auswertegerät gebildeter Impuls, der dem Maximalwert von dz/dt proportional ist und dessen Abszisse durch LVET gebildet wird) unter den Bedingungen von Belastung und Entspannung.

Hieraus abgeleitete Größen wie relatives Schlagvolumen (SV) und relatives Herzminutenvolumen (HMV) wurden in Abhängigkeit von Gewicht und Körperoberfläche der Probanden nach Geschlechtern getrennt untersucht.

e) Schließlich wurde noch nachgewiesen, daß sich die belastungsinduzierten Veränderungen der QT-Zeit im EKG im Rahmen der von Lepeschkin mitgeteilten Normwerte bewegen und weitgehend altersunabhängig sind.

Die Ergebnisse wurden in Form von Normtabellen dargestellt.
Dabei sind folgende Befunde besonders zu erwähnen:

Die Altersgruppeneinteilung wurde hinsichtlich ihrer repräsentativen Bedeutung überprüft und kann als ausreichend zuverlässig betrachtet werden.

Beim Frequenzverhalten läßt sich im vorliegenden Belastungsprotokoll eine weitgehend lineare Beziehung zwischen Belastungsintensität (in W/kg Körpergewicht) und erreichter Frequenz am Ende der jeweiligen 1-minütigen Belastungsstufen nachweisen. Auf Abweichungen von dieser Regel in einzelnen Altersgruppen (z. B. Mädchen in der Pubertät) wird hingewiesen. Die ermittelten Geradengleichungen wiesen eine Steigung im Bereich zwischen 21 und 27 auf. Die auf die Belastung OWatt/kg Körpergewicht extrapolierten Ordinatenabschnitte lagen zwischen 90 und 110 Herzschlägen/ Min. Das Verhalten des Blutdrucks unter Belastung und in der Entspannung zeigt ein wesentlich uneinheitlicheres Bild als die Herzfrequenz; dies gilt sowohl interindividuell in den einzelnen Altersgruppen, als auch zwischen den Altersgruppen untereinander.

Die Austreibungszeit (LVET) fällt mit zunehmender Belastung im untersuchten Frequenzbereich am Belastungsende weitgehend linear ab, wobei in den Entspannungsphasen die Ausgangswerte altersunabhängig nach 1-minütiger Belastung mit 1 und 2W/kg Körpergewicht in der ersten Entspannungsminute, mit 3 W/kg Körpergewicht in der zweiten Entspannungsminute erreicht werden.

Bei der Ermittlung der impedanzcardiographisch bestimmten Relativgrößen UCD, Schlagvolumen und Herzminutenvolumen war auffällig, daß sowohl zu Beginn der Belastungsstufen gelegentlich ein kurzfristiger Rückgang des Schlagvolumens beobachtet werden konnte, obwohl das errechnete Herzminutenvolumen sofort anstieg, als auch, daß die Maximalwerte aller drei betrachteten Größen oft erst wenige Sekunden nach Belastungsende erreicht wurden.

Wie in der Literatur mehrfach festgestellt, konnte auch anhand der vorliegenden Ergebnisse nachgewiesen werden, daß zwischen Blutdruckamplitude und Schlagvolumen am jeweiligen Belastungsende eine sehr schlechte Korrelation besteht.

An die so dargestellte Kurzzeitbelastung wurde die Erwartung geknüpft, daß sie auch ohne Eingehen einer Sauerstoffschuld die Anpassungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems besonders auch beim gefährdeten Kind mit Herzfehler widerspiegeln kann.
Insbesondere wurde der Überlegung Rechnung getragen, daß belastungsinduzierte Herzrhythmusstörungen häufig erst nach Belastungsende auftreten können.
Aus diesem Grund wurde ein besonderes Augenmerk auf die jeweils 2-minütigen Entspannungsphasen gerichtet. Daß diese Einschätzung zutrifft, ließ sich am hier untersuchten Kollektiv nicht belegen, da es sich um herzgesunde Probanden handelte. Es wurde jedoch zwischenzeitlich aus der Arbeitsgruppe der Abteilung für Pädiatrische Kardiologie Tübingen mitgeteilt, daß bei Patienten nach Operation einer Fallotschen Tetralogie, die nach dem hier dargestellten Protokoll belastet wurden, diese Belastungsart ein abweichendes Verhalten der Herz-Kreislauf-Regulation und vermehrt Herzrhythmusstörungen aufdecken konnte.

Inwieweit sich die hier dargestellte Belastungsart auch bei der Untersuchung weiterer Patientengruppen bewährt und ob tatsächlich der Vorteil der kurzen Untersuchungsdauer und geringen Patientengefährdung einen Gewinn darstellt, der nicht durch einen Verlust an Aussagekraft bezahlt werden muß, läßt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht eindeutig entscheiden.

Immerhin können die hier mitgeteilten Normwerte als Bewertungskriterien für die Beantwortung dieser entscheidenden Frage hinzugezogen werden.

IX. Abkürzungsverzeichnis

IKG	- Impedanzkardiogramm
Z_o	- elektrische Grundimpedanz des Thorax bei Applikation eines hochohmigem Wechselstroms
$\triangle z$	- Impedanzänderung
dz/dt	- 1. Ableitung der Impedanzänderung (synchron mit dem Auswurf des Herzens)
UCD	- Analogsignal für die Beurteilung relativer Schlagvolumenänderungen bei automatischer Vermessung
SV	- Schlagvolumen
HMV	- Herzminutenvolumen
PEP, LPEP	- Pre-ejection-period des (linken) Ventrikels
VET, LVET	- ventricular ejection time des (linken) Ventrikels
$\overline{RR}$-Intervall	- Abstand zwischen 2 R-Zacken im EKG
RR-Wert	- Blutdruckwert nach Riva-Rocci
QT-Zeit	- Zeitwert zwischen Beginn der Q-Zacke und Ende der T-Welle im EKG (frequenzabhängige Größe)
W_{170}	- Wattzahl, bei der unter steady-state-Bedinungen eine Frequenz von 170/min erreicht wird
HF, HR	- Herzfrequenz, heart rate

X. Literaturverzeichnis

1) Bastanier C., B. Kaltwasser, R. Mocellin: Postoperative Belastungsuntersuchungen bei Kindern und Jugendlichen mit valvulärer Pulmonalstenose
Zeitschrift für Kardiologie 66 (1977), 587 - 593

2) Becker H. J., K. U. Hoffmann, G. E. Schäfer, M. Kaltenbach: Das Belastungselektrokardiogramm bei Zustand nach Herzinfarkt.
Dtsch. med. Wschr. 99 (1974), 2079

3) Becker H. J., G. E. Schäfer K. U. Hoffmann, G. Kober, M. Kaltenbach: Zur Wertigkeit von Veränderungen im Belastungselektrokardiogramm bei Zustand nach Herzinfarkt.
Verh. dtsch. Ges. inn. Mod 79 (1973), 1103

4) von Bernuth G., D. Lang, R. Hofstetter: Tachyarrhythmische Synkopen unter Belastung bei Sinusbradykardie und normalem QT-Intervall in Ruhe.
Zeitschrift für Kardiologie 66 (1977), 55 - 60

5) Bleicher W., A. A. Schmaltz, E. Steil: Vergleichende Untersuchungen der mit verschiedenen Methoden gewonnenen Herzzeitintervalle und deren automatische Vermessung.
Biomedizinische Technik Band 24 (Ergänzungsband) (1979), 92 - 93

6) Bonzel T., H. Schmidt, U. Sigwart, H. M. Mertens, U. Gleichmann: Pulmonalarteriendrücke und linksventrikulärer enddiastolischer Druck in Ruhe und unter dynamischer Belastung. Vergleichende Untersuchungen zur Druckübertragung im kleinen Kreislauf bei simultaner Messung.
Zeitschrift für Kardiologie 65 (1976), 1084 - 1108

7) Bosch und Sohn: Fabrik medizinischer Apparate, Jungingen

8) Braun S., J. Winter: Über die Zusammenhänge zwischen Erholungsquotient, Körpergewicht, Alter und Körpergröße von Kindern.
Zeitschr. inn. Med. 19 (1964), 314 - 318

9) Brugsch H.: Das Angst-EKG des Kindes
Kinderärtzliche Praxis 25 (1957), 456 - 459

10) Buchberger J.: Einfluß verschiedener Trainingsarten auf die Kreislaufregulation bei Jugendlichen. Verhältnis Blutdruck: Pulsfrequenz bei ergometrischer Belastung.
Wiener Med. Wochenschr. 121 (1971), 938 - 941

11) Buchberger J.: Leistungsphysiologische Charakteristik von Schweizer Berg- und Stadtkindern im Pubertätsalter.
Helv. paediatrica Acta 34 (1979), 223 - 234

12) Bucher H. U., K. Menner, A. Huch, R. Huch: Transkutane pO_2-Messung während Herzkatheteruntersuchungen bei Kindern.
Zeitschrift für Kardiologie 66 (1977), 598 - 600

13) Dressler F., H. Mellerowicz: Atmung und Kreislauf gesunder Schulkinder bei einer submaximalen ergometrischen Leistung von 1 Watt/kg KG.
Zeitschrift für Kinderheilk. 85 (1961), 31 - 49

14) Drews A.: Bludruck und Pulsfrequenz bei Jugendlichen und älteren Sportlern während minütlich ansteigender Fahrradergometerbelastung.
Sportarzt und Sportmedizin 16 (1965), 368 - 374; 417 - 420

15) Eigelsreiter H., A. Kubelka, J. Weimann: Das Verhalten von Puls und Blutdruck in großen Höhen bei körperlicher Anstrengung.
Zeitschrift für angewandte Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 24 (1967), 268 - 274

16) Ekert W. D., W. Schenk: Impedanzrheographie und differenzierte Respiratorbehandlung in der Neonatologie.
Monatsschrift Kinderheilk. 124 (1976), 438 - 439

17) Elema-Schönander: Betriebsanleitung für Ergometer EM 369, Solma Schweden.

18) Franz J. W., H. Mellerowicz: Vergleichende Messungen der PWC_{170} mit Leistungsstufen von unterschiedlicher Größe und Dauer.
Zeitschrift für Kardiologie 66 (1977), 670 - 674

19) Gloger K., Die Altersabhängigkeit des Pulmonalarteriendrucks während stufenweise gesteigerter Ergometerarbeit.
Zeitschr. für Kreislaufforschung 61 (1972), 728 -737

20) Gottheiner, V.: Fahrrad oder Stufentest in der präventiven Kardiologie.
Fortschr. Med. 86, (1968), 1037

21) von Harnack G. A.: Kinderheilkunde, 4. Auflage; Berlin, Heidelberg und New York 1977, 2 - 3

22) Hoffmann G.: Zur Anwendung ausdauerentwickelnder Belastungsverfahren im Sportunterricht 10 - bis 11 jähriger Jungen und Mädchen.
Inaug. Dissertation Berlin 1966, Theorie und Praxis der Körperkultur 17 (1968), 665 - 668

23) Hollmann W., C. Bouchard, G. Herkenrath: Die Entwicklung der Leistungsfähigkeit des kardiopulmonalen Systems bei Kindern und Jugendlichen des achten bis achtzehnten Lebensjahres.
Sportarzt und Sportmedizin 16 (1965), 255 - 260

24) Huber E. G., L. Jani, J. Keul, F. Klimt, R. Mocellin: Sport im Kindesalter. Zusammenfassende Darstellung eines Rundgesprächs anläßlich der 75. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kinderheilkunde in Freiburg 1978.
Monatsschrift Kinderheilk. 127 (1979), 441 - 449

25) Ibrahim Z., A. A. Schmaltz, J. Apitz: Der Mitralklappenprolaps bzw. das spätsyst. Click-Syndrom im Kindesalter.
Zeitschrift für Kardiologie 65 (1976), 534 - 539

26) Israel S., K. Köhler: Das Verhalten des Blutdrucks unter körperlicher Belastung bei unterschiedlich leistungsfähigem gesunden kardiovaskulären System.
Deutsches Gesundheitswesen 27 (1972), 509 - 511

27) Joppich G., H. Quednau: Über das Verhalten des Blutdrucks bei körperlicher Arbeit im Kindes- und Jugendalter.
Monatsschrift Kinderheilk. 94 (1944), 363 - 375

28) Kaltenbach M.: Beurteilung der Leistungsreserven von Herzkranken mit Hilfe von Stufenbelastungen.
Studienreihe Boehringer, Mannheim 1968

29) Kirchhoff H. W.: Besonderheiten der Regulation von Kreislauf und Atmung im Reifungsalter.
Monatsschrift Kinderheilk. 107 (1959), 51 - 60

30) Kirchhoff H. W., E. Eichler: Untersuchungen über die Kreislaufregulation im Reifungsalter.
Zeitschrift für Kinderheilkunde 72 (1952), 113 - 128

31) Kirchhoff H. W., G. Jacobi: Kreislaufgrößen und Kreislaufregulation im Kindesalter.
Zeitschrift für Kinderheilkunde 70 (1952), 578 - 587

32) Kirchhoff H. W., H. Reindell, J. Giese: Untersuchungen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit im Kindesalter.
Zeitschrift für Kinderheilkunde 78 (1956), 634 - 652

33) Kirchhoff H. W., H. Reindell, Ch. Hauswaldt: Untersuchungen zur Beurteilung der Leistungsbreite im Reifungsalter.
Zeitschrift für Kinderheilkunde 81 (1958), 211 - 238

34) Kirschsieper H. M.: Über die indirekte Blutdruckmessung am Menschen. Der Einfluß des Umfangs der Meßstelle.
Zeitschrift für Kinderheilkunde 71 (1952), 422 - 431

35) Klimt F.: Die Anwendung des nach Hettinger - Rodahl modifizierten Stufentests bei Kindern.
Dtsch. Ges. Wesen 17 (1962), 1812 - 1819

36) Klimt F.: Arbeits- und sportphysiologische Grundlagen zur kindlichen Leistungsphysiologie.
Der Kinderarzt 6 (1975), 727 - 732

37) Klimt F.: Leistungsmedizinische Untersuchungsmethoden im Vorschulalter. Grundlagen der Ergometrie I
Der Kinderarzt 7 (1976), 257 -260

38) Klimt F.: Leistungsmedizinische Untersuchungsmethoden im Vorschulalter.
Der Kinderarzt 8 (1977), 147 - 155

39) Klimt F.: Laufbandtests. Leistungsmedizinische Unter-. suchungsmethoden im Vorschulalter.
Der Kinderarzt 9 (1978), 585 - 596

40) Klimt F.: Stufentests. Leistungsmedizinische Untersuchungsmethoden und -tests im Vorschulalter.
Der Kinderarzt 9 (1978), 1469 -1480

41) Klimt F., G. Krausse: Stufentestuntersuchungen bei 7- bis 14- sowie 18jährigen männlichen Probanden.
Dtsch. Gesundheitswesen 25 (1970), 1654 -1660

42) Klimt F., G. Mai, K. Wilhelm: Laufbanduntersuchungen im (Klein-) Kindesalter
Dtsch. Gesundheitswesen 24 (1969), 317 - 321

43) Koch H., J. Franke, J. Dippell: Impedanzkardiographie: Ein neues Hilfsmittel in der postoperativen Intensivüberwachung?
Klin. Pädiatrie 186 (1974), 170 - 173

44) Köhler H.: Untersuchungen zu Entwicklungskennlinien der Ausdauer im Schulalter.
Theorie und Praxis der Körperkultur 25 (1976), 99 - 107

45) König K., J. Murukas, H. Roskamm, H. Reindell: Das Verhalten von Atemvolumen und Atemfrequenz in Ruhe und bei Ergometerbelastung bei Jugendlichen sowie bei trainierten und untrainierten Erwachsenen.
Sportarzt und Sportmedizin 16 (1965), 395 - 408 und 453 - 547

46) Köttgen U.: Übersichtsreferat Kreislauf.
Monatsschrift Kinderheilk. 105 (1957), 187 - 188

47) Kubicek F., Z. Zwick: Pulmonalarteriendruck unter ansteigender Ergometerbelastung.
Med. Klinik 71 (1976), 409 - 413

48) Kunze D.: Perzentilenkurven von Körpergröße und Körpergewicht 6- bis 14jähriger Kinder.
Klin. Pädiatrie 186 (1974), 505 - 510

49) Lepeschkin E.: Das Elektrokardiogramm, 2. Auflage; Dresden und Leipzig 1947, 234

50) Lock J. E., S. Einzig, J. H. Moller: Hemodynamic Responses to Exercise in Normal Children.
The American Journal of Cardiology 41 (1978), 1278 -1284

51) Master A. M.: Two-step-test of myocardial function.
Amer. Heart Journal 10 (1935), 495

52) Mellerowicz H., D. Lerche: Ergometrische Untersuchungen: Zur Beurteilung der kardialen und körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen. Die Herzschlagfrequenz von 10 - 19jährigen Jugendlichen während und nach Leistungen von 1 Watt bzw. 2 Watt/kg Körpergewicht am Handkurbelergometer.
Zeitschrift für Kinderheilkunde 81 (1958), 36 - 49

53) Mocellin R.: Körperliche Leistungsfähigkeit bei Kindern nach Herzoperationen.
Monatsschrift Kinderheilk. 121 (1973), 516 - 517

54) Mocellin R., C. Bastanier: Zur Frage der Zuverlässigkeit der W_{170} als Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Beurteilung von Kindern mit Herzkrankheiten.
European J. Pediatrics 122 (1976), 223 - 239

55) Mocellin R., C. Bastanier: Funktionelle Untersuchungen bei Kindern und Jugendlichen mit angeborenem AV-Block.
Zeitschrift für Kardiologie 66 (1977), 298 - 302

56) Mocellin R., C. Bastanier, H. Hofacker, K. Bühlmeyer: Klinische und funktionelle Ergebnisse bei Kindern mit Fallotscher Tetralogie nach Korrekturoperationen.
Monatsschrift Kinderheilk. 133 (1975), 363 - 365

57) Mocellin R., J. Friedman, W. Sebening, K. Bühlmeyer: Funktionelle Untersuchungen in Ruhe und während Belastung bei Kindern und Jugendlichen mit Ventrikelseptumdefekt und pulmonaler Hypertonie.
Zeitschrift für Kardiologie 64 (1975), 1036 - 1052

58) Mocellin R., J. Rutenfranz: Untersuchungen über die körperliche Leistungsfähigkeit gesunder und kranker Heranwachsender. III. Die Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen mit Adipositas.
Zeitschrift für Kinderheilk. 104 (1968), 179 - 196

59) Mocellin R., J. Rutenfranz: Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit W_{170} im Kindesalter.
Zeitschrift für Kinderheilk. 108 (1970), 61 - 80

60) Mocellin R., J. Rutenfranz, R. Singer: Zur Frage von Normwerten der körperlichen Leistungsfähigkeit (W_{170}) im Kindes- und Jugendalter.
Zeitschrift für Kinderheilk. 110 (1971), 140 - 165

61) Mocellin R., W. Sebening, K. Bühlmeyer: Zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen mit operierten Herzfehlern. Zeitschrift für Kinderheilk. 112 (1972), 281 - 292

62) Mocellin R., W. Sebening K. Bühlmeyer: Herzminutenvolumen und Sauerstoffaufnahme in Ruhe und während submaximaler Belastungen bei 8 - 14jährigen Jungen.
Zeitschrift für Kinderheilk. 114 (1973), 323 - 339

63) Nagel H. J.: Kinderarzt und Sport:
Kinderärztliche Praxis 47 (1979), 281 - 286

64) Nitsch K.: Untersuchungen über die Kreislaufregulation bei organisch gesunden Kindern.
Monatsschrift für Kinderheilk. 96 (1948/49),
296 - 299

65) Noeggerath C.: Kind und Leibesübungen.
Monatsschrift Kinderheilk. 34 (1926), 317 - 350

66) Oppel G.; B. Rüger: Biomathematik, med. Statistik und Dokumentation; München 1975, 33

67) Pannier R., D. Paufler, E. Tuch, W. Heumann: Intensive Laufbandbelastungen von Kindern im Vorschulalter.
Kinderärztliche Praxis 44 (1976), 201 - 209

68) Rehs H. J., J. Berndt, J. Rutenfranz: Untersuchungen zur Frage der Leistungsfähigkeit Adipöser unter besonderer Berücksichtigung des Sportunterrichts.
Zeitschrift für Kinderheilk. 115 (1973), 23 - 39

69) Rieger H.: Beurteilung des Kreislaufs bei Jugendlichen.
Archiv für Kinderheilk. 118 (1939), 123 - 133

70) Ritter H., H. Klepzig: Belastungs-EKG beim digitalisierten Patienten.
Med. Klinik 69 (1974), 794

71) Roskamm H., Ph. Beckhove, H. Reindell: Die Herzfrequenz im Training und im Wettkampf des Hochleistungssportlers.
Der Sportarzt 16 (1965), 439 - 453

72) Rox J., G. Trieb, U. Gleichmann: Bestimmung der Herzförderleistung mittels submaximaler Spiroergometrie.
Zeitschrift für Kardiologie 66 (1977), 601 - 613

73) Rutenfranz J., T. Hellbrügge, F. Keilhacker: Über das Verhalten des Blutdrucks von Kindern und Jugendlichen bei körperlicher Aktivität und in Ruhe.
I. Mitteilung: Veränderungen des Blutdrucks bei körperlicher Arbeit.
Zeitschrift für Kinderheilk. 85 (1961), 317 - 342

74) Rutenfranz J., T. Hellbrügge, E. Keilhacker, R. Hocke: Über das Verhalten des Blutdrucks von Kindern und Jugendlichen bei körperlicher Aktivität und in Ruhe.
II. Mitteilung: Zur Frage der körperlichen Leistungsfähigkeit mit Hilfe von Blutdruckmessungen unter Berücksichtigung des Amplitudenfrequenzprodukts bei Arbeit.
Zeitschrift für Kinderheilk. 86 (1961), 102 - 136

75) Rutenfranz J., T. Hellbrügge, K. Stehr, C. Hocke, R. Hocke: Über den Einfluß des Filmerlebnisses auf

das Pulsverhalten von Kindern. Ein Beitrag zur Labilität des kindlichen Pulses.
Zeitschrift für Kinderheilk. 84 (1960), 522 - 542

76) Rutenfranz J., Th. Hettinger: Untersuchungen über die Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit von Lebensalter, Geschlecht und körperlicher Entwicklung.
Zeitschrift für Kinderheilk. 83 (1959), 65 - 88

77) Rutenfranz J., R. Hocke, C. Bettag, H. Kaufmann: Untersuchungen zur Standardisierung des Orthostaseversuchs im Kindes- und Jugendalter.
Monatsschrift für Kinderheilk. 113 (1965), 327 - 331

78) Scheele K., K. Scheele: Hypertoniediagnostik bei dosierter Ergometerarbeit.
Med. Welt 30 (1979), 359 - 361

79) Schieffer H., N. Sternitzke, L. Bette: Die Bestimmungen des Herzzeitvolumens mit der Impedanzkardiographie im Vergleich zu konventionellen Methoden in Ruhe und unter pharmakologischer Belastung.
Zeitschrift für Kardiologie 64 (1975), 431 - 437

80) Schieken R. M., M. R. Patel, H. L. Falsetti, R. W. Barnes, R. M. Lauer: Effect of aortic valvular regurgitation upon the impedance cardiogram.
Britisch Heart Journal 40 (1978), 958 - 963

81) Schmaltz A. A., Z. Ibrahim: Der Mitralklappenprolaps im Kindesalter.
Klin. Pädiatrie 189 (1977), 265 - 275

82) Schmutzler H., H. Paeprer, H. W. Liebenschütz: Das Verhalten des syst. Druckgradienten bei Patienten mit Aortenklappenstenosen während Ruhe und Arbeit.

Verhandl. dt. Gesellsch. für Kreislaufforschung 34 (1968), 178 - 184

83) Schneider K. W., R. Rost, E. Bogner: Der Kreislauf des Hochleistungssportlers in Ruhe und Belastung. Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde 31 (1971), 131 - 187

84) Scholz H., F. Klimt: Der Herzschlagrhythmus bei Kindern im Belastungstest.
Monatsschrift Kinderheilk. 117 (1969), 568 - 570

85) Scholz H., A. Trupat, F. Klimt: Blutdruck und Pulsfrequenz beim passiven Orthostaseversuch im Kindesalter.
Med. Klinik 65 (1970), 1941 - 1946

86) Schuster H. P., C. J. Schuster, R. Bork, P. Schölmerich: Auswirkungen der frühzeitigen Überdruckbeatmung auf Herz-Kreislauffunktion und Sauerstofftransport.
Med. Welt 30 (1979), 15 - 19

87) Schweizer W., R. Bucher, L. K. Widmer: Über das Elektrokardiogramm während und nach körperlicher Arbeit bei 1300 berufsfähigen Männern. Basler Studie II.
Schweizerische Med. Wochenschr. 97(1967), 105 - 106

88) Stephan W.: Umschau; Schulkinderwachstum nach dem ersten und zweiten Weltkrieg.
Kinderärztliche Praxis 17 (194), 242 - 251

89) Steudtner G.: Blutdruckverhalten unter normalen Lebensbedingungen.
Deutsches Gesundheitswesen 27 (1972), 2318 -2324

90) Strauzenberg S. T., H. Schwidtmann: Sportliche Belastung und Herzfunktion.
Theorie und Praxis der Körperkultur 25 (1976), 492 - 502

91) Strehler E. H.: Ergometrische Bestimmung des Herzschlagvolumens bei 1500 schweizerischen Kindern und Erwachsenen beiderlei Geschlechts im Alter von 5 - 65 Jahren. Abhängigkeit von Körperbau, Geschlecht, Lebensalter und Arbeitsleistung beim Steptest.
Zeitschrift für Kardiologie 65 (1976), 270 - 282 (1. Teil), 283 - 300 (2. Teil)

92) Valentin H., K. P. Holzhauser: Funktionsprüfungen von Herz und Kreislauf, DÄV Köln- Lövenich, 1976

93) Vogt D.: Über den gegenwärtigen Stand der Akzeleration in Bayern.
Archiv Kinderheilk. 159 (1959), 141 - 156

94) Wasmund U., P. E. Nowacki, H. Ditter, F. Klimt: Radiotelemetrische Untersuchungen der Herzfrequenz während eines 3000m-Laufs auf dem Sportplatz und auf dem Laufband bei 10jährigen Schülern und Schülerinnen.
Monatsschrift Kinderheilk. 126 (1978), 198 - 204

95) Wurster H.: Die Entwicklung der Ausdauer im Sportunterreicht der Klassen 4 und 5 (Thesen).
Theorie und Praxis der Körperkultur 25 (1976), 60 -62

96) Zipp Ch., H. Zipp: Tagesrhythmische Schwankungen der Ischämiereaktion im Belastungs-EKG und ihre Beziehung zur Herzdynamik.
Med. Welt 25 (1974), 1288

XI. Tabellarischer Anhang

Tabelle 1.

Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen der maximalen Belastung einerseits und dem Alter bzw. den Körpermaßen andererseits, getrennt für Jungen (Ju.) und Mädchen (Mä.)

Beziehung zwischen max. Bel. und dem Alter bzw. der körperl. Entwicklung	Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten (Ju.)	Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten (Mä.)
max. Bel. (Watt) -	y = 13,46x - 26,33	y = 12,4x - 24,17
- Alter (J.)	y = 16,98x - 62,83	y = 16,05x - 61,96
	r = 0,890	r = 0,879
max. Bel. (Watt/J.)	y = 0,28x - 7,85	y = 0,25x + 7,353
- Alter (J.)	y = 1,54x -5,40	y = 2,08x - 11,75
	r = 0,428	r = 0,347
max. Bel. (Watt) -	y = 3,34x + 7,84	y = 2,96x - 0,50
- Gewicht (kg.)	y = 2,88x - 5,40	y = 3,40x -11,75
	r = 0,929	r = 0,933
max. Bel. (Watt)	y = 217,5x - 198,6	y = 198,1x - 179,3
- Größe (m)	y = 263,2x - 265,0	y = 271,3x -284,6
	r = 0,607	r = 0,854
max. Bel. (Watt/m)	y = 97,7x - 62,3	y = 85,8x - 51,8
- Größe (m)	y = 149,5x - 136,8	y = 162,9X - 162,5
	r = 0,809	r = 0,726
max. Bel. (Watt)	y = 148,3X - 64,4	y = 132,4X - 53,4
- KOF (qm)	y = 170,9x - 91,5	y = 155,8x - 81,6
	r = 0,932	r = 0,922
max. Bel. (Watt/qm)	y = 46,6x + 36,7	y = 38,9x + 39,3
- KOF (qm)	y = 95,5x - 91,5	y = 98,5x - 27,9
	r = 0,699	r = 0,629
max. Bel. (Watt)	y = 1,66x + 26,12	y = 1,55x + 23,03
- Produkt Gewicht x	y = 1,97x + 10,14	y = 1,80x + 9,93
Größe (kgm)	r = 0,920	r = 0,928

Tabelle 2.1.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des Alters, des Gewichts und der einzelnen Belastungsstufen für die jeweiligen Altersgruppen

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen

Alter (+s) Jahre	n	Gewicht (+s) kg	n	1. Belastung Watt/kg (+s)	n	2. Belastung Watt/kg (+s)	n	3. Belastung Watt/kg (+s)	n	4. Belastung Watt/kg (+s)	n
6,23/0,16	4	22,9/2,4	4	1,20/0,15	4	2,29/0,32	4	2,75/0,35	2	-	-
6,90/0,16	7	23,4/2,5	7	1,30/0,15	7	2,03/0,27	7	2,91/0,07	5	-	-
8,03/0,26	8	26,3/4,4	8	1,11/0,12	8	2,06/0,19	8	2,89/0,27	7	3,67/0,62	2
8,79/0,25	12	29,5/4,2	12	1,11/0,10	12	2,10/0,14	12	3,04/0,20	12	3,51/0,27	3
9,95/0,28	12	33,3/3,5	12	1,08/0,10	12	2,05/0,11	12	3,06/0,22	12	-	-
11,01/0,31	15	37,4/4,5	15	1,07/0,08	15	2,12/0,16	15	3,15/0,21	15	3,68/0,32	4
11,9 /0,33	11	41,2/6,6	11	1,04/0,09	11	2,04/0,13	11	2,97/0,25	11	3,79/0,29	8
12,86/0,24	9	42,3/6,8	9	1,11/0,07	9	2,16/0,08	9	3,07/0,21	9	3,80/0,11	3
13,87/0,27	8	48,8/5,5	8	1,03/0,07	8	2,05/0,13	8	2,99/0,10	7	3,87/0,01	2
14,9 /0,35	5	57,5/2,8	5	1,01/0,06	5	2,02/0,02	5	3,06/0,06	5	-	-

Tabelle 2.2.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des Alters, des Gewichts und der einzelnen Belastungsstufen für die jeweiligen Altersgruppen

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen

Alter (+s)		Gewicht (+s)		1. Belastung		2. Belastung		3. Belastung		4. Belastung	
Jahre	n	kg	n	Watt/kg (+s)	n	Watt/kg (+s)	n	Watt/kg (+s)	n	Watt/kg (+s)	n
6,08/0,35	2	20,5/1,4	2	0,98/0,07	2	1,96/0,13	2	2,33	1	-	-
6,96/0,32	8	23,5/3,0	8	1,12/0,17	8	2,02/0,18	8	2,69/0,33	6	2,92/0,33	2
8,06/0,29	11	26,0/4,2	11	1,14/0,28	11	2,09/0,32	11	2,78/0,31	10	3,02/0,04	2
8,87/0,24	12	29,3/4,2	12	1,09/0,11	12	2,07/0,17	12	2,91/0,21	11	3,42/0,45	3
9,97/0,35	9	32,8/6,09	9	1,06/0,11	9	2,09/0,20	9	2,98/0,26	9	3,89/0,32	3
10,95/0,30	14	36,8/4,3	14	1,05/0,09	14	2,00/0,11	14	2,90/0,21	14	3,22/0,22	3
11,95/0,29	10	40,0/5,2	10	1,00/0,11	10	1,95/0,15	10	2,82/0,24	10	-	-
12,86/0,33	11	46,4/7,5	11	1,04/0,04	11	2,00/0,08	11	2,85/0,23	11	3,25/0,23	2
13,97/0,20	6	51,5/7,4	6	0,97/0,05	6	1,95/0,08	6	2,92/0,13	6	-	-
14,79/0,41	2	49,5/2,1	2	1,01/0,04	2	2,02/0,08	2	2,83/0,11	2	-	-

Tabelle 3.1.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 5,5 - 6,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	99,3	128,0	132,7	132,8	116,0	98,8	95,5	89,7
s	6,7	8,0	10,5	8,6	14,2	11,3	10,6	3,2
n	4	3	3	4	4	4	4	3

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	137,7	153,0	162,0	131,3	110,3	100,5	94,0
s	6,7	8,7	11,7	8,4	17,8	11,5	6,0
n	3	3	4	4	4	4	3

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	143,0	162,0	168,5	147,5	124,5	99,5	100,0	102,8
s			3,5	3,5	6,4	3,5	8,5	4,0
n	1	1	2	2	2	2	2	2

Tabelle 3.2.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 6,5 - 7,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	99,7	121,0	131,0	138,9	117,7	99,8	93,5	94,8
s	10,2	9,8	10,4	12,0	11,9	13,0	10,8	7,5
n	7	4	4	7	7	6	6	4

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	129,8	140,3	124,9	137,7	106,3	100,2	91,3
s	11,6	5,1	10,4	13,0	5,6	11,4	6,9
n	4	4	7	7	6	6	4

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	140,7	158,7	172,5	153,2	112,8	102,2	100,3	112,0
s	14,6	14,3	12,8	10,0	6,7	10,8	11,8	5,7
n	3	3	6	6	6	6	6	6

Tabelle 3.3.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 7,5 - 8,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	105,3	120,0	128,8	128,1	115,8	108,9	102,3	100,0
s	13,3	13,3	13,1	11,3	14,8	13,7	15,4	8,7
n	8	4	4	8	8	8	8	4

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	130,5	146,0	149,4	128,1	109,5	106,7	105,6
s	14,4	12,5	17,9	13,6	20,3	19,2	14,4
n	4	4	8	8	8	7	4

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	139,0	158,0	167,4	148,0	113,4	100,1	101,3	104,0
s	20,7	26,0	16,3	12,2	27,6	22,8	19,2	15,3
n	3	3	7	7	7	7	6	5

Tabelle 3.4.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 8,5 - 9,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	91,5	113,4	119,0	122,1	105,2	93,3	87,7	86,5
s	6,4	8,4	8,1	8,6	9,9	10,1	10,3	8,1
n	12	10	10	12	12	12	12	10

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	118,8	131,8	142,0	120,0	94,1	85,3	86,3
s	9,0	8,4	11,5	13,3	9,3	7,8	9,9
n	10	10	12	12	12	12	10

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	133,1	153,9	162,8	142,6	104,4	86,4	86,0	94,0
s	12,2	11,4	12,3	14,3	14,2	7,6	9,0	10,2
n	10	10	12	12	12	12	11	7

Tabelle 3.5.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 9,5 - 10,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	85,8	112,7	119,4	119,1	103,6	81,0	85,1	83,8
s	9,8	14,5	11,0	12,9	12,6	12,2	11,8	12,7
n	12	10	10	12	12	12	12	10

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	127,7	137,8	144,5	121,7	95,1	84,4	83,0
s	12,8	9,9	13,2	15,6	13,5	9,3	10,1
n	10	10	12	12	12	12	10

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	137,5	158,5	169,9	144,7	107,5	86,4	80,8	87,9
s	12,5	10,6	12,4	14,2	15,1	14,1	13,4	13,3
n	10	10	12	12	12	12	12	12

Tabelle 3.6.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 10,5 - 11,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	94,9	117,3	123,8	124,6	105,9	94,3	86,2	89,1
s	10,4	11,7	10,5	11,5	8,8	7,4	11,1	11,9
n	15	12	12	15	15	14	14	12

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	130,3	145,3	152,3	152,3	99,7	78,7	91
s	8,0	10,0	12,6	12,1	12,4	14,9	12,5
n	12	12	15	15	15	15	12

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	145,4	165,3	179,9	160,7	120,4	92,3	92,5	98
s	8,7	12,7	12,3	12,8	19,0	19,4	15,4	8,2
n	12	12	15	15	15	15	14	11

Tabelle 3.7.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 11,5 - 12,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	86,9	107,4	112,1	113,0	100,3	85,6	81,7	81,1
s	9,0	10,5	12,5	13,8	14,8	12,7	8,7	8,2
n	11	8	8	11	11	11	11	7

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	121,0	135,0	136,8	116,3	91,6	82,9	83,1
s	13,9	16,0	13,3	14,8	13,9	12,8	9,7
n	8	8	11	11	11	11	8

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	137,4	149,5	161,5	140,6	112,0	94,1	85,4	81,0
s	16,9	16,3	15,4	15,5	17,4	15,4	15,2	18,4
n	8	8	11	11	11	11	9	2

	4. Belastung			4. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	144,3	163,7	172,3	156,6	119,8	99,3	91,3	91,7
s	14,8	18,7	15,5	9,2	17,7	16,8	10,6	7,3
n	6	6	8	8	8	8	8	6

Tabelle 3.8.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 12,5 - 13,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	93,7	120,7	125,5	125,7	111,9	96,9	92,3	93,3
s	18,1	10,8	11,8	13,7	17,0	17,3	14,2	18,7
n	9	6	6	9	9	9	9	6

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	131,3	154,7	150,3	129,6	105,9	93,0	94,2
s	9,3	9,0	12,7	14,5	10,6	19,0	23,0
n	6	6	9	9	9	9	6

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	146,0	163,2	175,0	149,6	110,6	102,8	97,9	96,2
s	7,0	10,1	6,9	11,2	9,4	18,0	21,5	18,2
n	6	6	9	9	9	9	8	6

Tabelle 3.9.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 13,5 - 14,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	83,4	109,5	116,0	116,3	103,9	87,9	81,0	84,5
s	15,5	4,1	5,0	4,6	10,4	14,2	11,1	6,6
n	8	4	4	8	8	8	8	4

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	122,5	134,3	146,6	124,8	98,8	84,0	89,0
s	6,5	5,2	10,2	13,3	15,7	11,1	6,8
n	4	4	8	8	8	8	4

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	142,3	159,5	166,1	149,4	119,9	102,0	86,0	88,0
s	8,5	11,6	8,3	11,1	15,2	15,3	14,2	16,9
n	4	4	7	7	7	7	6	5

Tabelle 3.10.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 14,5 - 15,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	85,6	113,8	117,8	123,0	103,8	87,0	81,0	79,8
s	14,7	12,2	12,1	6,9	16,8	15,9	11,0	11,6
n	5	4	4	5	5	5	5	4

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	123,0	137,0	150,2	130,6	101,8	84,6	75,3
s	9,6	10,1	8,4	11,3	13,3	15,2	15,4
n	4	4	5	5	5	5	4

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	138,0	160,8	175,6	154,0	113,8	96,6	87,4	91,0
s	12,1	12,4	11,6	12,0	17,5	23,0	18,7	15,1
n	4	4	5	5	5	5	5	5

Tabelle 3.11.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 5,5 - 6,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	101,0	143,5	151,0	155,0	130,0	122,5	102,0	101,0
s	1,4	14,8	15,6	17,0	14,0	10,6	9,9	8,5
n	2	2	2	2	2	2	2	2

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	152,5	167,0	176,5	158,5	131,5	108,0	102,5
s	13,4	12,7	7,8	17,7	16,3	4,2	6,4
n	2	2	2	2	2	2	2

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	158,0	176,0	207,0	162,0	111,0	107,0	111,0	111,0
s								
n	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 3.12.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 6,5 - 7,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	102,6	120,6	125,3	132,9	118,0	104,5	97,2	94,2
s	12,4	9,1	7,8	18,5	15,7	10,0	16,2	8,8
n	8	7	7	8	8	8	8	6

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	125,3	137,7	153,4	134,6	112,0	100,0	93,8
s	7,5	9,2	20,6	19,9	16,6	11,4	5,9
n	7	7	8	8	8	8	6

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	131,7	152,7	161,2	142,7	119,8	97,5	94,0	95,0
s	9,4	13,2	9,5	14,3	15,6	9,4	7,6	4,6
n	6	6	6	6	6	6	5	3

Tabelle 3.13.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 7,5 - 8,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	96,2	118,0	124,6	131,0	113,7	100,7	92,5	89,5
s	12,5	12,6	11,4	12,7	12,9	13,5	13,3	9,5
n	11	10	10	11	11	11	11	10

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	127,2	141,6	152,3	134,0	108,1	98,2	88,7
s	11,0	12,9	16,6	13,4	18,2	18,8	9,7
n	10	10	11	11	11	11	10

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	135,2	155,8	168,8	150,8	115,3	92,6	93,9	98,4
s	16,4	14,4	17,9	12,5	12,4	13,4	12,7	10,3
n	10	10	10	10	10	10	10	8

Tabelle 3.14.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 8,5 - 9,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	97,9	118,0	124,5	128,5	114,0	101,4	96,5	93,1
s	10,4	8,9	9,0	10,1	10,9	12,6	12,1	11,9
n	12	8	8	12	12	12	12	8

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	128,0	144,5	153,3	136,1	109,1	102,1	97,3
s	8,8	7,9	9,7	9,1	13,0	12,6	9,9
n	8	8	12	12	12	12	8

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	144,1	159,6	173,0	152,1	122,3	105,9	99,8	101,1
s	10,1	9,0	6,6	12,0	19,0	13,4	12,2	8,6
n	7	7	11	11	11	11	10	7

Tabelle 3.15.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 9,5 - 10,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	94,8	117,8	124,6	126,4	106,6	97,6	97,4	91,0
s	11,1	16,4	14,2	13,2	16,5	18,3	14,1	13,6
n	9	5	5	9	9	9	9	5

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	128,2	142,2	155,1	138 6	108,2	97,6	90,2
s	14,2	9,1	10,4	10,7	20,8	16,4	15,4
n	5	5	9	9	9	9	5

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	148,4	168,6	181,1	163,6	127,4	111,9	101,1	102,7
s	10,6	8,2	10,5	15,9	24,9	22,8	13,9	13,8
n	5	5	9	9	9	9	9	6

Tabelle 3.16.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 10,5 - 11,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	92,7	120,7	126,9	127,5	108,8	96,9	90,6	91,2
s	15,7	16,6	16,5	15,4	17,0	16,6	15,0	12,7
n	14	10	10	14	14	14	14	10

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	132,5	143,9	152,4	134,4	109,6	99,3	95,5
s	11,7	15,9	13,0	15,9	19,5	18,6	19,4
n	10	10	14	14	14	14	10

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	148,0	165,8	177,0	161,4	134,8	114,4	99,6	99,3
s	12,3	13,3	14,1	12,5	17,4	19,4	15,5	15,5
n	10	10	14	14	14	14	13	11

Tabelle 3.17.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 11,5 - 12,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	86,5	106,2	114,3	121,1	102,4	89,9	85,3	76,8
s	13,2	12,6	11,4	13,0	16,2	14,1	11,4	12,0
n	10	6	6	10	10	10	10	6

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	119,2	137,2	151,1	129,6	103,7	90,7	75,2
s	10,2	16,7	19,0	20,9	19 4	13,6	12,9
n	6	6	10	10	10	9	6

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	135,3	157,7	172,4	151,7	118,9	100,8	82,8	83,6
s	20,1	22,0	21,6	26,9	29,4	94,9	17,1	15,0
n	6	6	10	10	10	10	8	7

Tabelle 3.18.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 12,5 - 13,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	92,7	123,9	129,6	129,3	114,8	95,8	86,7	92,8
s	17,8	15,8	16,0	14,4	18,0	16,0	18,2	16,7
n	11	9	9	11	11	11	11	9

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	134,4	148,8	154,4	136,2	107,5	92,9	91,7
s	17,2	14,8	17,0	21,2	21,3	20,0	20,0
n	9	9	11	11	11	11	9

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	148,8	168,6	176,6	159,0	131,2	116,9	100,8	95,9
s	12,6	16,7	15,5	20,3	29,2	27,4	23,8	23,1
n	9	9	11	11	11	11	11	11

Tabelle 3.19.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 13,5 - 14,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	99,2	118,8	124,8	128,3	116,8	105,2	108,0	101,8
s	17,6	15,6	11,8	8,8	11,7	10,4	18,9	15,3
n	6	5	5	6	6	6	6	5

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	132,0	148,8	159,0	142,2	121,8	108,0	101,8
s	16,2	13,1	13,0	9,9	10,8	19,5	19,3
n	5	5	6	6	6	6	5

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	149,0	174,0	180,3	166,5	150,0	130,3	111,7	104,4
s	15,9	8,7	11,3	14,4	15,8	23,0	24,4	15,7
n	5	5	6	6	6	6	6	5

Tabelle 3.20.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Herzfrequenz in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 14,5 - 15,5 Jahre

Herzfrequenz (1/min)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	101,0	118,0	122,0	128,0	108,5	101,0	96,5	81,0
s	4,2			8,5	6,4	8,5	6,4	
n	2	1	1	2	2	2	2	1

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	111,0	133,0	153,5	142,0	128,5	114,0	103,0
s			24,7	12,7	2,1	4,2	
n	1	1	2	2	2	2	1

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	140,0	146,0	171,5	156,0	146,0	138,5	120,0	
s			36,1	32,5	33,9	36,1	41,0	
n	1	1	2	2	2	2	2	

Tabelle 4.1.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 5,5 - 6,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	100,0	71,0	83,5	29,0
s	14,2	10,1	11,1	10,9
n	4	4	4	4

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	107,5	62,5	81,8	45,0	95,0	63,5	77,0	31,5
s	14,4	8,7	10,3	10,8	10,0	10,5	9,9	5,4
n	4	4	4	4	4	4	4	4

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	112,5	54,5	79,3	58,0	106,0	63,3	81,5	42,8
s	14,1	12,7	12,0	12,2	11,2	9,3	9,3	9,3
n	4	4	4	4	4	4	4	4

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	95,0	57,5	73,5	37,5	80,0	60,0	69,0	20,0
s	21,2	17,0	19,1	3,5				
n	2	2	2	2	1	1	1	1

Tabelle 4.2.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 6,5 - 7,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	97,7	67,4	86,4	30,3
s	7,0	3,6	5,1	4,1
n	7	7	7	7

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	102,0	66,3	81,6	35,7	98,0	73,8	84,2	24,2
s	11,6	4,5	7,1	9,5	6,5	7,2	5,2	8,6
n	7	7	7	7	6	6	6	6

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	111,0	64,1	85,3	47,4	100,0	70,8	83,3	29,2
s	6,5	10,3	6,8	11,4	8,0	5,1	6,1	4,4
n	7	7	7	7	6	6	6	6

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	108,0	61,0	81,2	47,0	103,8	70,8	85,0	33,0
s	7,6	6,1	1,9	13,2	8,1	7,3	5,8	10,3
n	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabelle 4.3.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 7,5 - 8,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	103,4	73,6	86,4	29,8
s	12,2	6,7	8,6	8,3
n	8	8	8	8

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	109,6	75,5	90,3	34,1	103,5	77,0	88,6	26,5
s	11,9	12,3	11,3	9,2	10,4	8,6	9,2	4,8
n	8	8	8	8	8	8	8	8

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	116,4	72,9	91,6	43,5	105,4	74,1	87,7	31,3
s	7,2	12,5	8,7	11,8	13,5	11,6	10,7	5,0
n	8	8	8	8	7	7	7	7

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	120,6	67,1	90,3	53,4	108,1	74,1	88,7	34,0
s	5,6	13,5	8,0	14,7	9,8	11,6	10,7	5,0
n	7	7	7	7	7	7	7	7

Tabelle 4.4.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 8,5 - 9,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	101,3	72,4	84,8	28,8
s	6,2	6,2	5,5	5,5
n	12	12	12	12

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	111,8	74,1	90,3	37,7	100,4	73,4	85,2	27,4
s	9,6	5,2	6,3	7,8	8,5	5,7	6,0	6,6
n	12	12	12	12	12	12	12	12

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	118,0	69,8	90,6	47,8	102	72,9	86,5	31,3
s	8,4	5,2	4,9	9,3	9,8	4,8	6,4	7,2
n	12	12	12	12	12	12	12	12

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	119,3	69,5	91,0	49,8	107,7	71,4	87,6	36,7
s	11,9	8,0	7,9	11,9	10,6	7,0	6,4	14,1
n	12	12	12	12	10	10	10	10

Tabelle 4.5.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 9,5 - 10,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	104,8	71,2	85,5	33,7
s	9,1	7,0	7,3	6,8
n	12	12	12	12

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	118,1	72,3	93,9	45,8	106,9	71,8	86,9	35,2
s	15,0	12,7	11,o	13,6	11,8	9,1	9,3	8,8
n	12	12	12	12	12	12	12	12

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	128,3	72,2	96,3	56,2	108,4	72,5	88,5	35,9
s	12,3	9,7	10,6	10,6	9,4	9,2	7,1	10,9
n	12	12	12	12	12	12	12	12

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	139,8	68,5	99,2	71,3	106,8	70,9	86,4	35,9
s	12,2	17,5	13,5	15,4	10,7	11,8	9,9	11,5
n	11	11	11	11	12	12	12	12

Tabelle 4.6.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 10,5 - 11,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	111,8	76,4	91,6	35,4
s	8,4	6,3	6,2	7,6
n	14	14	14	14

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	128,4	76,0	98,6	52,4	113,2	76,9	92,5	36,2
s	11,7	9,0	8,2	12.6	7,8	4,3	4,7	7,5
n	14	14	14	14	13	13	13	13

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	139,1	74,1	102,1	65,0	116,8	79,7	95,6	37,1
s	15,0	14,5	12,3	16,3	11,4	9,7	9,6	8,6
n	14	14	14	14	14	14	14	14

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	144,1	79,3	106,9	64,8	123,2	75,2	95,8	48,0
s	15,5	14,8	13,1	14,9	17,8	9,2	10,9	16,0
n	14	14	14	14	13	13	13	13

Tabelle 4.7.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 11,5 - 12,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	105,1	74,3	87,5	30,8
s	6,6	10,9	8,4	8,6
n	11	11	11	11

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	119,8	73,1	93,2	46,7	110,3	77,6	91,6	32,6
s	12,1	11,8	9,0	15,5	5,6	11,1	7,6	10,4
n	11	11	11	11	8	8	8	8

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	130,9	69,5	95,9	61,5	115,0	77,6	93,7	37,4
s	17,6	13,4	13,1	15,3	9,7	13,4	10,7	10,0
n	11	11	11	11	8	8	8	8

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	141,8	62,4	92,9	79,9	120,0	74,0	94,1	46,2
s	20,3	21,1	22,7	22,9	9,9	15,0	12,1	12,0
n	11	11	11	11	9	9	9	9

Tabelle 4.8.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 12,5 - 13,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	111,0	80,0	93,4	31,0
s	7,8	6,4	5,9	8,1
n	8	8	8	8

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	122,1	72,5	93,9	49,6	114,3	80,0	94,7	34,3
s	8,4	16,1	9,0	19,9	9,6	10,3	6,6	15,0
n	8	8	8	8	7	7	7	7

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	131,4	71,6	97,4	59,8	120,1	78,0	96,1	42,1
s	10,3	18,3	11,0	22,1	11,6	8,7	6,4	15,4
n	8	8	8	8	8	8	8	8

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	132,9	68,9	96,3	64,0	121,8	77,9	96,8	43,9
s	9,0	20,5	13,2	19,8	13,5	9,6	8,5	15,4
n	8	8	8	8	8	8	8	8

Tabelle 4.9.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 13,5 - 14,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	117,1	72,3	93,3	41,9
s	10,6	9,9	9,4	7,5
n	8	8	8	8

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	132,8	81,1	103,4	51,6	118,7	78,1	95,7	40,6
s	7,3	10,2	7,8	9,7	13,0	8,6	7,4	15,4
n	8	8	8	8	7	7	7	7

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	146,3	70,0	102,8	75,0	126,6	72,3	95,6	54,3
s	14,0	20,1	15,7	17,4	15,3	11,2	10,6	15,0
n	8	8	8	8	7	7	7	7

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	146,1	70,4	102,9	75,7	129,1	71,4	95,6	57,0
s	16,5	8,6	9,2	17,7	11,1	10,7	10,3	8,0
n	7	7	7	7	7	7	7	7

Tabelle 4.10.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 14,5 - 15,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	113,8	79,2	94,0	34,6
s	4,7	7,4	5,4	6,6
n	5	5	5	5

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	131,8	80,6	102,6	51,2	119,0	81,4	97,6	37,6
s	11,5	13,1	8,6	18,3	7,4	8,5	5,5	12,2
n	5	5	5	5	5	5	5	5

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	138,2	77,0	103,6	61,2	131,3	82,0	103,3	35,0
s	10,1	13,5	10,8	12,2	19,4	10,4	5,6	6,3
n	5	5	5	5	4	4	4	4

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	157,5	65,5	105,0	92,0	133,3	80,0	102,8	53,3
s	15,5	20,0	16,6	14,1	14,0	7,3	6,7	16,4
n	4	4	4	4	4	4	4	4

Tabelle 4.11.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 5,5 - 6,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	94,0	68,5	79,5	25,5
s	1,4	2,1	0,7	3,5
n	2	2	2	2

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	104,5	73,5	86,5	31,0	93,5	67,5	79,0	26,0
s	3,5	9,2	3,5	12,7	2,1	3,5	2,8	1,4
n	2	2	2	2	2	2	2	2

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	114,0	67,5	87,5	46,5	101,5	65,0	81,0	36,5
s	1,4	13,4	7,8	12,0	12,6	7,1	1,4	19,1
n	2	2	2	2	2	2	2	2

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	108,0	60,0	81,0	48,0	102,0	63,0	80,0	39,0
s								
n	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 4.12.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 6,5 - 7,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	99,9	70,9	83,3	29,0
s	7,7	6,2	6,6	4,3
n	8	8	8	8

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	108,1	63,9	83,0	44,3	97,7	66,1	79,7	31,6
s	7,5	8,0	6,7	7,1	13,3	7,6	8,5	12,5
n	8	8	8	8	7	7	7	7

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	114,6	59,6	83,4	55,0	97,3	66,0	79,5	31,3
s	12,7	8,8	8,9	12,0	9,8	3,4	6,1	6,4
n	8	8	8	8	6	6	6	6

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	116,5	54,8	81,5	61,7	102,7	68,7	83,2	34,0
s	11,8	10,0	8,8	12,3	11,1	8,4	8,3	9,3
n	6	6	6	6	6	6	6	6

Tabelle 4.13.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 7,5 - 8,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	99,3	71,0	83,2	28,3
s	10,0	10,4	9,7	6,0
n	11	11	11	11

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	109,7	69,7	87,0	40,0	99,5	71,0	83,3	28,5
s	12,0	13,6	11,1	13,4	6,5	8,8	7,6	5,2
n	11	11	11	11	11	11	11	11

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	116,6	69,5	89,8	47,1	102,6	70,6	84,3	32,0
s	8,9	15,7	9,9	17,6	11,4	11,1	10,3	9,8
n	11	11	11	11	11	11	11	11

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	118,8	67,4	88,3	53,2	104,2	71,7	85,6	32,6
s	13.0	18,6	14,0	11,9	8,5	11,0	9,3	7,2
n	10	10	10	10	9	9	9	9

Tabelle 4.14.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 8,5 - 9,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	103,1	74,3	85,8	28,8
s	7,4	4,1	5,1	7,3
n	12	12	12	12

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	111,5	68,0	86,8	43,3	103,9	72,9	86,3	31,0
s	8,5	6,2	6,1	8,5	10,4	6,2	7,3	7,5
n	12	12	12	12	12	12	12	12

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	115,9	64,5	86,6	51,4	107,2	72,2	87,3	35,0
s	9,4	7,4	6,7	9,8	10,6	7,7	8,1	8,1
n	12	12	12	12	12	12	12	12

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	122,5	62,8	88,5	59,6	109,5	68,4	86,1	41,1
s	14,2	12,8	12,2	11,7	10,6	6,7	6,3	11,3
n	11	11	11	11	11	11	11	11

Tabelle 4.15.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 9,5 - 10,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	109,1	73,0	87,8	35,0
s	13,3	8,1	9,6	7,2
n	9	9	9	9

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	118,4	72,3	92,6	46,1	108,4	73,9	88,8	34,6
s	10,5	8,2	6,9	12,6	6,2	8,2	6,5	7,7
n	9	9	9	9	9	9	9	9

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	121,7	74,2	94,7	47,4	119,6	79,9	96,9	39,7
s	14,3	15,0	11,9	17,5	5,7	8,1	7,1	3,7
n	9	9	9	9	7	7	7	7

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	126,2	68,4	93,3	57,8	111,5	75,5	90,9	36,0
s	12,7	16,1	12,3	16,5	9,9	7,5	7,9	6,0
n	9	9	9	9	8	8	8	8

Tabelle 4.16.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 10,5 - 11,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	107,5	74,5	88,4	32,9
s	11,0	10,6	10,6	8,1
n	13	13	13	13

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	123,2	79,3	98,2	43,9	115,2	79,4	94,8	35,8
s	8,7	8,7	7,7	8,3	10,9	8,8	7,5	12,3
n	13	13	13	13	12	12	12	12

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	139,8	72,9	104,2	69,2	120,0	79,2	96,7	40,8
s	17,1	10,9	11,3	18,5	11,6	7,0	7,0	10,3
n	13	13	13	13	12	12	12	12

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	143,5	73,5	103,6	70,0	119,3	76,8	94,6	43,2
s	18,0	13,4	8,2	26,8	7,6	5,8	4,9	9,2
n	13	13	13	13	13	13	13	13

Tabelle 4.17.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 11,5 - 12,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	114,1	76,2	92,6	37,9
s	9,5	7,8	7,2	10,3
n	9	9	9	9

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	125,0	75,3	96,4	49,9	115,3	77,9	93,9	37,4
s	13,9	9,1	7,6	17,7	10,2	9,7	8,8	9,1
n	9	9	9	9	9	9	9	9

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	137,8	69,2	98,8	68,6	119,8	76,6	95,0	43,2
s	15,5	15,3	13,6	15,5	16,2	7,6	10,1	13,8
n	9	9	9	9	9	9	9	9

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	142,6	66,1	99,2	76,4	117,2	73,3	92,1	43,9
s	22,6	18,1	17,5	19,7	14,1	6,1	7,7	13,9
n	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabelle 4.18.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 12,5 - 13,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	107,5	73,1	87,9	34,4
s	10,1	11,2	9,8	9,5
n	11	11	11	11

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	127,9	77,0	99,0	50,9	110,5	76,7	91,3	33,9
s	15,9	9,6	11,6	11,1	10,0	11,3	9,9	8,5
n	11	11	11	11	11	11	11	11

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	134,5	71,5	98,6	63,0	121,0	77,3	96,1	43,9
s	14,1	12,2	11,8	10,3	12,1	14,4	11,9	12,7
n	11	11	11	11	11	11	11	11

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	142,6	78,3	106,9	64,4	122,5	75,5	95,6	47,0
s	12,1	17,1	13,8	15,1	16,3	13,4	12,7	15,6
n	11	11	11	11	11	11	11	11

Tabelle 4.19.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 13,5 - 14,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	112,3	76,7	92,0	35,7
s	3,8	6,5	4,5	6,8
n	6	6	6	6

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	129,8	79,8	100,2	50,2	115,7	81,5	96,2	34,2
s	5,3	9,3	7,5	12,3	11,1	9,5	8,7	10,5
n	6	6	6	6	6	6	6	6

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	135,3	79,2	103,3	56,2	125,5	80,8	100,3	44,7
s	3,9	16,0	10,3	13,8	9,8	10,1	6,9	14,6
n	6	6	6	6	6	6	6	6

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	138,8	84,2	107,0	55,7	120,0	73,0	96,2	53,6
s	4,1	14,2	15,6	25,5	11,5	10,0	6,4	12,1
n	6	6	6	6	5	5	5	5

Tabelle 4.20.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des syst., diast. und mittleren Blutdrucks einschließlich der Amplitude, sowohl in Ruhe als auch am Belastungsende und am Schluß der einzelnen Erholungsphasen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 14,5 - 15,5 Jahre

Blutdruck (mm Hg)

	Ruhe			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	120,0	70,0	91,5	50,0
s	14,1	0,0	6,4	14,1
n	2	2	2	2

	Ende der 1. Belastung				Ende der 1. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	150,0	80,0	110,0	70,0	125,0	76,5	97,5	48,5
s					21,2	4,9	6,4	26,2
n	1	1	1	1	2	2	2	2

	Ende der 2. Belastung				Ende der 2. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	137,5	73,5	101,5	64,0	122,0	60,0	87,0	62,0
s	24,7	4,9	13,4	19,8				
n	2	2	2	2	1	1	1	1

	Ende der 3. Belastung				Ende der 3. Erholung			
	syst.	diast.	mittl.	Ampl.	syst.	diast.	mittl.	Ampl.
$\bar{x}$	136,5	76,5	102,5	60,0	125,5	66,5	91,5	59,0
s	23,3	9,2	14,8	14,1	21,9	4,9	6,4	26,9
n	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabelle 5.1.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 5,5 - 6,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,213	0,187	0,180	0,173	0,187	0,213	0,230	0,230
s	0,012	0,031	0,036	0,032	0,021	0,021	0,017	0,017
n	3	3	3	3	3	3	3	3

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,183	0,170	0,170	0,183	0,203	0,230	0,230
s	0,025	0,020	0,020	0,021	0,038	0,030	0,026
n	3	3	3	3	3	3	3

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,200	0,190	0,180	0,180	0,200	0,230	0,240	0,220
s								
n	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 5.2.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 6,5 - 7,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,233	0,213	0,207	0,207	0,213	0,220	0,233	0,230
s	0,006	0,015	0,012	0,012	0,015	0,010	0,012	0,012
n	3	3	3	3	3	3	3	3

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,210	0,200	0,190	0,200	0,217	0,233	0,237
s	0,010	0,000	0,010	0,010	0,006	0,006	0,006
n	3	3	3	3	3	3	3

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,200	0,180	0,160	0,185	0,205	0,230	0,245	0,225
s	0,014	0,000	0,014	0,007	0,021	0,014	0,000	0,007
n	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabelle 5.3.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 7,5 - 8,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,223	0,213	0,210	0,208	0,208	0,215	0,220	0,218
s	0,015	0,010	0,012	0,015	0,15	0,013	0,014	0,015
n	4	4	4	4	4	4	4	4

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,210	0,190	0,183	0,190	0,200	0,205	0,223
s	0,014	0,008	0,010	0,012	0,008	0,006	0,017
n	4	4	4	4	4	4	4

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,200	0,170	0,160	0,167	0,190	0,213	0,220	0,215
s	0,010	0,010	0,017	0,023	0,017	0,031	0,020	0,007
n	3	3	3	3	3	3	3	3

Tabelle 5.4.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 8,5 - 9,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,225	0,218	0,213	0,209	0,215	0,224	0,226	0,234
s	0,020	0,019	0,015	0,020	0,025	0,024	0,021	0,023
n	10	10	10	10	10	10	10	10

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,216	0,195	0,188	0,200	0,226	0,235	0,236
s	0,020	0,021	0,021	0,024	0,029	0,031	0,021
n	10	10	10	10	10	10	10

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,202	0,179	0,176	0,184	0,209	0,236	0,247	0,226
s	0,022	0,020	0,019	0,021	0,025	0,025	0,021	0,018
n	10	10	10	10	10	10	10	10

Tabelle 5.5.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 9,5 - 10,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,240	0,217	0,205	0,199	0,213	0,229	0,246	0,244
s	0,021	0,016	0,024	0,027	0,028	0,032	0,025	0,020
n	10	10	10	10	10	10	10	10

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,207	0,196	0,186	0,192	0,227	0,240	0,246
s	0,026	0,025	0,019	0,018	0,028	0,031	0,015
n	10	10	10	10	10	10	10

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,202	0,178	0,166	0,172	0,203	0,234	0,248	0,238
s	0,021	0,018	0,018	0,016	0,021	0,026	0,019	0,018
n	10	10	10	10	10	10	10	10

Tabelle 5.6.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 10,5 - 11,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,233	0,223	0,218	0,217	0,226	0,238	0,244	0,243
s	0,021	0,022	0,018	0,016	0,021	0,020	0,022	0,024
n	12	12	12	12	12	12	12	12

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,213	0,200	0,193	0,203	0,228	0,241	0,241
s	0,019	0,024	0,023	0,017	0,023	0,022	0,025
n	12	12	12	12	12	12	12

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,195	0,184	0,173	0,180	0,203	0,230	0,235	0,231
s	0,024	0,024	0,018	0,016	0,022	0,031	0,029	0,023
n	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabelle 5.7.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 11,5 - 12,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,218	0,216	0,211	0,209	0,223	0,225	0,229	0,220
s	0,018	0,018	0,025	0,028	0,017	0,019	0,022	0,021
n	8	8	8	8	8	8	8	7

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,211	0,190	0,186	0,200	0,299	0,236	0,230
s	0,017	0,022	0,021	0,015	0,022	0,018	0,023
n	8	8	8	8	8	8	8

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,203	0,183	0,169	0,181	0,199	0,226	0,236	0,230
s	0,013	0,015	0,014	0,015	0,023	0,030	0,023	0,042
n	8	8	8	8	8	8	8	2

	4. Belastung			4. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,185	0,165	0,155	0,163	0,190	0,218	0,228	0,218
s	0,022	0,020	0,008	0,008	0,024	0,026	0,020	0,015
n	6	6	6	6	6	6	6	5

Tabelle 5.8.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 12,5 - 13,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,234	0,226	0,226	0,222	0,236	0,248	0,246	0,244
s	0,023	0,021	0,015	0,016	0,023	0,022	0,023	0,021
n	5	5	5	5	5	5	5	5

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,228	0,210	0,200	0,208	0,236	0,264	0,246
s	0,011	0,031	0,029	0,023	0,027	0,027	0,022
n	5	5	5	5	5	5	5

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,204	0,182	0,178	0,198	0,216	0,238	0,256	0,223
s	0,027	0,019	0,022	0,023	0,030	0,016	0,027	0,022
n	5	5	5	5	5	5	5	

Tabelle 5.9.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 13,5 - 14,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,223	0,210	0,208	0,205	0,218	0,230	0,228	0,220
s	0,017	0,022	0,021	0,021	0,022	0,014	0,017	0,022
n	4	4	4	4	4	4	4	4

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,198	0,193	0,178	0,185	0,225	0,223	0,223
s	0,013	0,010	0,010	0,006	0,021	0,026	0,015
n	4	4	4	4	4	4	4

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,198	0,180	0,173	0,180	0,208	0,228	0,238	0,207
s	0,017	0,029	0,015	0,022	0,039	0,022	0,031	0,006
n	4	4	4	4	4	4	4	3

Tabelle 5.10.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 14,5 - 15,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,227	0,223	0,207	0,207	0,210	0,233	0,250	0,243
s	0,038	0,032	0,035	0,035	0,030	0,025	0,046	0,051
n	3	3	3	3	3	3	3	3

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,197	0,183	0,177	0,197	0,227	0,250	0,240
s	0,035	0,031	0,025	0,006	0,021	0,044	0,036
n	3	3	3	3	3	3	3

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,187	0,170	0,167	0,177	0,193	0,227	0,223	0,230
s	0,025	0,020	0,021	0,015	0,015	0,031	0,042	0,036
n	3	3	3	3	3	3	3	3

Tabelle 5.11.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 5,5 - 6,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,240	0,205	0,200	0,195	0,205	0,220	0,230	0,235
s	0,000	0,007	0,000	0,007	0,021	0,028	0,000	0,007
n	2	2	2	2	2	2	2	2

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,185	0,170	0,170	0,195	0,205	0,215	0,235
s	0,007	0,014	0,014	0,021	0,035	0,021	0,007
n	2	2	2	2	2	2	2

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
x	0,190	0,150	0,150	0,190	0,220	0,220	0,240	0,220
s								
n	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 5.12.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 6,5 - 7,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,230	0,213	0,210	0,201	0,209	0,223	0,230	0,227
s	0,016	0,021	0,023	0,019	0,021	0,016	0,016	0,012
n	7	7	7	7	7	7	7	6

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,209	0,197	0,193	0,197	0,211	0,230	0,237
s	0,012	0,012	0,011	0,015	0,015	0,016	0,014
n	7	7	7	7	7	7	7

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,210	0,187	0,175	0,183	0,197	0,223	0,238	0,227
s	0,015	0,012	0,010	0,010	0,015	0,012	0,015	0,015
n	6	6	6	6	6	6	6	3

Tabelle 5.13.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 7,5 - 8,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,230	0,213	0,205	0,203	0,211	0,227	0,232	0,239
s	0,015	0,015	0,017	0,015	0,021	0,013	0,017	0,022
n	10	10	10	10	10	10	10	9

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,201	0,187	0,179	0,189	0,208	0,226	0,239
s	0,024	0,022	0,017	0,014	0,022	0,019	0,014
n	10	10	10	10	10	10	10

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,190	0,176	0,166	0,179	0,198	0,228	0,234	0,230
s	0,018	0,017	0,012	0,011	0,019	0,014	0,018	0,017
n	10	10	10	10	10	10	10	8

Tabelle 5.14.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 8,5 - 9,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,226	0,213	0,203	0,200	0,210	0,220	0,230	0,226
s	0,017	0,017	0,015	0,018	0,016	0,015	0,022	0,017
n	8	8	8	8	8	8	8	8

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,204	0,186	0,176	0,189	0,205	0,219	0,226
s	0,007	0,012	0,016	0,019	0,026	0,024	0,021
n	8	8	8	8	8	8	8

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,196	0,181	0,170	0,174	0,187	0,220	0,229	0,220
s	0,017	0,016	0,012	0,014	0,021	0,026	0,028	0,018
n	7	7	7	7	7	7	7	4

Tabelle 5.15.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 9,5 - 10,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,224	0,212	0,208	0,194	0,204	0,224	0,230	0,228
s	0,023	0,026	0,023	0,028	0,030	0,029	0,024	0,023
n	5	5	5	5	5	5	5	5

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,206	0,182	0,180	0,188	0,210	0,230	0,242
s	0,015	0,011	0,014	0,008	0,021	0,024	0,025
n	5	5	5	5	5	5	5

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,190	0,174	0,168	0,176	0,194	0,214	0,234	0,225
s	0,020	0,013	0,008	0,011	0,018	0,030	0,021	0,007
n	5	5	5	5	5	5	5	2

Tabelle 5.16.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 10,5 - 11,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,221	0,212	0,209	0,207	0,218	0,221	0,219	0,223
s	0,018	0,020	0,020	0,021	0,018	0,017	0,020	0,017
n	9	9	9	9	9	9	9	9

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,204	0,186	0,178	0,182	0,211	0,226	0,227
s	0,017	0,019	0,020	0,017	0,024	0,021	0,016
n	9	9	9	9	9	9	9

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,191	0,173	0,166	0,172	0,184	0,202	0,223	0,220
s	0,020	0,015	0,014	0,016	0,021	0,026	0,026	0,017
n	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabelle 5.17.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 11,5 - 12,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,232	0,223	0,215	0,210	0,218	0,227	0,238	0,237
s	0,016	0,015	0,019	0,019	0,026	0,024	0,026	0,019
n	6	6	6	6	6	6	6	6

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,216	0,208	0,198	0,206	0,218	0,224	0,246
s	0,015	0,013	0,019	0,021	0,016	0,021	0,024
n	5	5	5	5	5	5	5

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,210	0,196	0,182	0,190	0,204	0,228	0,248	0,230
s	0,019	0,018	0,019	0,027	0,039	0,038	0,023	0,023
n	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabelle 5.18.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 12,5 - 13,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,216	0,206	0,204	0,203	0,208	0,218	0,217	0,214
s	0,013	0,018	0,019	0,020	0,018	0,016	0,013	0,013
n	9	9	9	9	9	9	9	9

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,199	0,181	0,177	0,192	0,212	0,227	0,223
s	0,023	0,015	0,016	0,019	0,025	0,029	0,026
n	9	9	9	9	9	9	9

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,189	0,174	0,161	0,171	0,186	0,202	0,224	0,216
s	0,018	0,016	0,016	0,015	0,024	0,028	0,028	0,013
n	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabelle 5.19.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 13,5 - 14,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,232	0,220	0,214	0,210	0,212	0,224	0,230	0,234
s	0,024	0,019	0,015	0,017	0,018	0,023	0,029	0,030
n	5	5	5	5	5	5	5	5

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,200	0,192	0,184	0,192	0,208	0,218	0,230
s	0,019	0,013	0,006	0,008	0,013	0,020	0,028
n	5	5	5	5	5	5	5

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,190	0,176	0,168	0,170	0,178	0,192	0,214	0,223
s	0,016	0,009	0,004	0,000	0,008	0,022	0,025	0,022
n	5	5	5	5	5	5	5	4

Tabelle 5.20.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der Austreibungszeit (LVET) in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 14,5 - 15,5 Jahre

LVET (sec)

	Ruhe	1. Belastung			1. Erholung			
		15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,220	0,220	0,210	0,210	0,210	0,220	0,220	0,230
s								
n	1	1	1	1	1	1	1	1

	2. Belastung			2. Erholung			
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"
$\bar{x}$	0,200	0,170	0,160	0,160	0,180	0,200	0,200
s							
n	1	1	1	1	1	1	1

	3. Belastung			3. Erholung				
	15"	35"	60"	15"	35"	60"	120"	4'
$\bar{x}$	0,170	0,160	0,160	0,160	0,180	0,180	0,200	
s								
n	1	1	1	1	1	1	1	

Tabelle 6.1.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 5,5 - 7,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,288	0,265	0,263	0,263	0,303	0,303
s	0,022	0,021	0,017	0,017	0,025	0,025
n	4	4	4	4	4	4

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,243	0,240	0,255	0,273	0,280
s	0,022	0,014	0,013	0,012	0,020
n	4	4	4	3	3

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,230	0,235	0,240	0,258	0,275	0,283	0,303
s	0,014	0,024	0,025	0,005	0,010	0,033	0,021
n	4	4	4	4	4	4	4

Tabelle 6.2.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 7,5 - 9,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,305	0,285	0,295	0,287	0,297	0,305
s	0,026	0,023	0,021	0,037	0,039	0,028
n	6	6	6	6	6	6

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,255	0,273	0,272	0,305	0,300
s	0,032	0,030	0,035	0,032	0,040
n	6	6	6	6	5

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,237	0,250	0,262	0,290	0,298	0,325	0,310
s	0,025	0,025	0,020	0,039	0,029	0,053	0,041
n	6	6	6	6	6	4	4

Tabelle 6.3.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 9,5 - 11,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,332	0,306	0,312	0,316	0,335	0,338
s	0,019	0,025	0,019	0,009	0,013	0,010
n	5	5	5	5	4	4

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,282	0,286	0,292	0,314	0,315
s	0,036	0,031	0,029	0,019	0,017
n	5	5	5	5	4

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,238	0,250	0,256	0,276	0,292	0,340	0,322
s	0,015	0,031	0,027	0,023	0,026	0,037	0,022
n	5	5	5	5	5	5	5

Tabelle 6.4.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 11,5 - 13,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,333	0,313	0,315	0,323	0,340	0,332
s	0,024	0,021	0,024	0,021	0,017	0,016
n	6	6	6	6	6	6

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,283	0,298	0,302	0,312	0,317
s	0,023	0,015	0,030	0,018	0,027
n	6	6	6	6	6

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,252	0,257	0,268	0,287	0,302	0,333	0,345
s	0,012	0,019	0,018	0,020	0,019	0,012	0,021
n	6	6	6	6	6	2	2

	4. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,240	0,250	0,258	0,273	0,285	0,315	0,320
s	0,014	0,008	0,005	0,022	0,019	0,033	0,040
n	4	4	4	4	4	4	3

Tabelle 6.5.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Jungen 13,5 - 15,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,364	0,308	0,312	0,334	0,344	0,350
s	0,045	0,033	0,033	0,015	0,022	0,024
n	5	5	5	5	5	5

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,268	0,270	0,280	0,304	0,318
s	0,013	0,025	0,014	0,021	0,033
n	5	5	5	5	5

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,245	0,253	0,265	0,283	0,298	0,340	0,357
s	0,017	0,019	0,0021	0,005	0,010	0,040	0,045
n	4	4	4	4	4	3	3

Tabelle 6.6.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 5,5 - 7,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,280	0,250	0,260	0,260	0,270	0,290
s						
n	1	1	1	1	1	1

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,230	0,230	0,240	0,280	0,280
s					
n	1	1	1	1	1

	3. Erholung (keine Werte)						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$							
s							
n							

Tabelle 6.7.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 7,5 - 9,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,316	0,284	0,288	0,294	0,304	0,310
s	0,023	0,021	0,018	0,024	0,015	0,019
n	5	5	5	5	5	5

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,262	0,272	0,280	0,292	0,292
s	0,019	0,019	0,017	0,023	0,033
n	5	5	5	5	5

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,240	0,255	0,263	0,265	0,285	0,313	0,337
s	0,008	0,010	0,021	0,025	0,021	0,038	0,032
n	4	4	4	4	4	3	3

Tabelle 6.8.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 9,5 - 11,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,323	0,295	0,299	0,303	0,325	0,329
s	0,017	0,023	0,017	0,018	0,014	0,017
n	8	8	8	8	8	8

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,263	0,268	0,283	0,295	0,304
s	0,013	0,017	0,012	0,015	0,021
n	8	8	8	8	8

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,243	0,245	0,260	0,271	0,280	0,307	0,327
s	0,013	0,025	0,017	0,017	0,022	0,021	0,023
n	8	8	8	8	8	7	7

Tabelle 6.9.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 11,5 - 13,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,347	0,298	0,307	0,323	0,340	0,347
s	0,027	0,019	0,012	0,008	0,024	0,018
n	6	6	6	6	6	6

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,260	0,273	0,302	0,310	0,315
s	0,024	0,019	0,020	0,020	0,018
n	6	6	6	6	6

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,250	0,250	0,265	0,282	0,288	0,333	0,363
s	0,017	0,013	0,018	0,019	0,022	0,026	0,021
n	6	6	6	6	6	4	3

Tabelle 6.10.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) der absoluten QT-Zeit in Ruhe und während der Erholung

n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Mädchen 13,5 - 15,5 Jahre

abs. QT-Zeit (sec)

	Ruhe	1. Erholung				
		0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,295	0,285	0,305	0,305	0,315	0,300
s	0,021	0,035	0,007	0,021	0,021	0,028
n	2	2	2	2	2	2

	2. Erholung				
	0"	10"	20"	40"	50"
$\bar{x}$	0,265	0,260	0,280	0,290	0,295
s	0,007	0,014	0,028	0,014	0,007
n	2	2	2	2	2

	3. Erholung						
	0"	10"	20"	40"	50"	1'50"	2'50"
$\bar{x}$	0,230	0,240	0,240	0,240	0,255	0,290	0,280
s	0,014	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,028
n	2	2	2	2	2	2	2

Tabelle 7.

Regressionsgleichungen zur Abhängigkeit der am Belastungsende erreichten Herzfrequenz von der jeweiligen Belastung in W/kg KG

Altersgruppe (Jahre)	Anzahl Werte n	Jungen	r	Anzahl Werte n	Mädchen	r
5,5 - 6,5	14	y = 24,1x+104,6	0,94	7	y = 33,0x+119,8	0,86
6,5 - 7,5	26	y = 22,2x+109,4	0,8	32	y = 24,6x+102,2	0,74
7,5 - 8,5	33	y = 17,8x+111,6	0,71	44	y = 24,1x+104,5	0,79
8,5 - 9,5	49	y = 21,0x+ 98,4	0,87	46	y = 23,4x+104,2	0,92
9,5 -10,5	49	y = 25,8x+ 91,4	0,88	37	y = 22,5x+106,9	0,85
10,5-11,5	61	y = 24,4x+100	0,88	57	y = 24,3x+103,6	0,81
11,5-12,5	52	y = 22,1x+ 91,8	0,84	40	y = 27,3x+ 94,7	0,81
12,5-13,5	37	y = 22,7x+101,1	0,89	46	y = 24,0x+106,0	0,78
13,5-14,5	33	y = 25,1x+ 91,9	0,95	25	y = 26,8x+103,3	0,91
14,5-15,5	20	y = 25,5x+ 97,8	0,93	9	y = 19,5x+111,9	0,67

Tabelle 8.1.

Regressionsgleichungen zur Abhängigkeit der am Belastungsende erreichten Austreibungszeiten (LVET) von der jeweiligen Belastung in W/kg KG

Altersgruppe (Jahre)	Anzahl Werte n	Jungen	r	Anzahl Werte n	Mädchen	r
5,5- 6,5	10	y=-0,008x+0,192	-0,27	6	y=-0,029x+0,223	-0,87
6,5- 7,5	11	y=-0,028x+0,24	-0,91	29	y=-0,018x+0,224	-0,68
7,5- 8,5	16	y=-0,02 x+0,224	-0,82	42	y=-0,019x+0,219	-0,69
8,5- 9,5	44	y=-0,019x+0,229	-0,66	32	y=-0,017x+0,215	-0,72
9,5-10,5	40	y=-0,014x+0,213	-0,49	23	y=-0,016x+0,211	-0,71
10,5-11,5	50	y=-0,022x+0,24	-0,77	36	y=-0,021x+0,222	-0,69
11,5-12,5	38	y=-0,019x+0,226	-0,71	19	y=-0,012x+0,225	-0,56
12,5-13,5	21	y=-0,017x+0,237	-0,54	37	y=-0,020x+0,22	-0,66
13,5-14,5	17	y=-0,014x+0,214	-0,68	21	y=-0,021x+0,229	-0,88
14,5-15,5	12	y=-0,019x+0,223	-0,58	5	y=-0,021x+0,222	-0,85

Tabelle 8.2.

Regressionsgleichungen zur Abhängigkeit der absoluten QT-Zeit von der Belastung in W/kg KG

Alters-gruppe (Jahre)	An-zahl Wer-te n	Jungen	r	An-zahl Wer-te n	Mädchen	r
5,5- 7,5	16	y=-0,022x+0,293	-0,80	3	y=-0,021x+0,28	-1,0
7,5- 9,5	24	y=-0,022x+0,307	-0,72	20	y=-0,029x+0,318	-0,87
9,5-11,5	21	y=-0,032x+0,338	-0,86	33	y=-0,029x+0,323	-0,90
11,5-13,5	27	y=-0,027x+0,336	-0,91	25	y=-0,035x+0,339	-0,87
13,5-15,5	20	y=-0,038x+0,355	-0,85	8	y=-0,023x+0,301	-0,82

Tabelle 8.3.

Regressionsgleichungen zur Abhängigkeit der LVET von der Frequenz am jeweiligen Belastungsende

Altersgruppe (Jahre)	Anzahl Werte n	Jungen	r	Anzahl Werte n	Mädchen	r
5,5- 6,5	10	y=-0,00065x + 0,273	-0,76	7	y=-0,00085x + 0,324	-0,97
6,5- 7,5	11	y=-0,00087x + 0,316	-0,90	29	y=-0,00073x + 0,298	-0,82
7,5- 8,5	16	y=-0,00088x + 0,315	-0,95	42	y=-0,00076x + 0,297	-0,85
8,5- 9,5	40	y=-0,00065x + 0,284	-0,69	33	y=-0,00081x + 0,303	-0,89
9,5-10,5	39	y=-0,00077x + 0,299	-0,76	23	y=-0,00073x + 0,291	-0,85
10,5-11,5	49	y=-0,00074x + 0,306	-0,84	37	y=-0,00068x + 0,286	-0,83
11,5-12,5	38	y=-0,00068x + 0,280	-0,78	22	y=-0,00056x + 0,278	-0,84
12,5-13,5	21	y=-0,00062x + 0,294	-0,74	38	y=-0,00068x + 0,286	-0,88
13,5-14,5	17	y=-0,00061x + 0,274	-0,83	21	y=-0,00075x + 0,305	-0,95
14,5-15,5	12	y=-0,00085x + 0,306	-0,84	5	y=-0,00096x + 0,311	-0,86

Tabelle 9.1. - 9.8.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des Schlagvolumens (SV) unter Belastung und während der Erholung für die verschiedenen aufgrund der Körpergröße (Gr.) gebildeten Gruppen
n = Anzahl der zur Berechnung verwendeten Werte

Tabelle 9.1.

Jungen

SV (%)

	1. Belastung					
Größen-	15"		35"		60"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	95	17	112	21	134	23
1,35 - 1,45	96	14	110	23	133	26
1,45 - 1,55	106	20	124	24	141	31
ab 1,55	101	20	103	16	131	25

	1. Erholung							
Größen-	15"		35"		60"		120"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	145	22	131	17	119	15	107	17
1,35 - 1,45	144	30	135	20	127	23	112	15
1,45 - 1,55	149	30	135	24	122	18	108	15
ab 1,55	148	29	155	36	142	32	117	28

Tabelle 9.2.

Mädchen

SV (%)

	1. Belastung					
Größen-	15"		35"		60"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	104	16	116	27	133	28
1,35 - 1,45	99	14	104	15	125	24
1,45 - 1,55	96	12	109	18	119	17
ab 1,55	97	16	117	23	138	33

	1. Erholung							
Größen-	15"		35"		60"		120"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	152	38	143	27	127	23	110	9
1,35 - 1,45	146	36	128	17	113	10	105	14
1,45 - 1,55	131	20	131	15	115	13	108	10
ab 1,55	144	30	138	23	124	17	110	13

Tabelle 9.3.

Jungen

SV (%)

	2. Belastung					
Größen-	15"		35"		60"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	101	22	122	28	153	41
1,35 - 1,45	108	21	126	26	160	48
1,45 - 1,55	106	22	133	26	170	42
ab 1,55	111	26	127	25	153	41

	2. Erholung							
Größen-	15"		35"		60"		120"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	176	31	165	25	143	25	111	19
1,35 - 1,45	188	50	175	46	139	30	118	20
1,45 - 1,55	186	41	171	38	147	32	115	20
ab 1,55	190	45	179	32	157	35	125	20

Tabelle 9.4.

Mädchen

SV (%)

	2. Belastung					
Größen-	15"		35"		60"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	107	17	120	23	148	32
1,35 - 1,45	91	17	121	22	152	38
1,45 - 1,55	97	15	106	18	131	25
ab 1,55	105	20	130	31	161	35

	2. Erholung							
Größen-	15"		35"		60"		120"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	165	33	155	28	143	23	122	19
1,35 - 1,45	182	39	173	24	156	28	121	16
1,45 - 1,55	165	24	160	25	139	17	122	14
ab 1,55	183	34	170	33	155	31	131	20

Tabelle 9.5.

Jungen

SV (%)

3. Belastung

Größen-	15"		35"		60"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	106	32	136	39	175	66
1,35 - 1,45	111	24	134	37	157	37
1,45 - 1,55	111	20	140	32	176	44
ab 1,55	116	30	134	29	167	43

3. Erholung

Größen-	15"		35"		60"		120"		4'	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	204	78	193	53	166	25	135	26	93	11
1,35 - 1,45	198	48	200	45	200	45	150	34	115	19
1,45 - 1,55	207	49	197	42	181	43	139	35	106	10
ab 1,55	190	35	196	39	205	37	166	33	116	21

Tabelle 9.6.

Mädchen

SV (%)

	3. Belastung					
Größen-	15"		35"		60"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	110	18	117	29	152	39
1,35 - 1,45	94	11	125	22	150	23
1,45 - 1,55	103	18	118	18	140	29
ab 1,55	111	24	132	24	166	37

	3. Erholung									
Größen-	15"		35"		60"		120"		4'	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	173	40	174	46	167	37	131	25	112	10
1,35 - 1,45	177	41	178	51	182	48	145	35	111	19
1,45 - 1,55	174	46	176	38	176	45	156	34	111	11
ab 1,55	185	37	187	37	179	34	152	29	123	23

Tabelle 9.7.

Jungen

SV (%)

	4. Belastung					
Größen-	15"		35"		60"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	144	33	147	41	188	97
1,35 - 1,45	128	50	171	42	197	14
1,45 - 1,55	125	22	179	34	200	31
ab 1,55	126	30	179	34	214	33

	4. Erholung									
Größen-	15"		35"		60"		120"		4'	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	200	95	189	62	179	37	159	22	135	34
1,35 - 1,45	218	53	198	44	210	71	142	23		
1,45 - 1,55	229	36	228	26	214	19	182	32	108	6
ab 1,55	261	28	256	41	242	57	152	29	118	22

Tabelle 9.8.

Mädchen

SV (%)

4. Belastung

Größen-	15"		35"		60"	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	118	35	132	47	166	57
1,35 - 1,45 (1 Wert)	119		138		157	
1,45 - 1,55	103	20	113	12	141	30
ab 1,55	106	22	124	7	182	34

4. Erholung

Größen-	15"		35"		60"		120"		4'	
gruppen (m)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,35	183	51	194	60	196	34	149	32	113	14
1,35 - 1,45 (1 Wert)	177		255		235		192		105	
1,45 - 1,55	174	23	160	14	145	25	132	23	112	15
ab 1,55	196	31	237	24	187	19	141	32	131	17

Tabelle 10.1. - 10.8.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und einfache Standardabweichung (s) des Herzminutenvolumens (HMV) unter Belastung und während der Erholung für die verschiedenen aufgrund der Körperoberfläche (KOF) gebildeten Gruppen

Tabelle 10.1.

Jungen

HMV (%)

	1. Belastung					
KOF-Gruppen	15"		35"		60"	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	117	12	131	25	158	28
1,0 - 1,2	107	16	128	31	154	30
1,2 - 1,4	109	16	142	34	169	34
ab 1,4	115	20	126	23	147	29

	1. Erholung							
KOF-Gruppen	15"		35"		60"		120"	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	176	32	151	25	123	21	106	21
1,0 - 1,2	168	32	144	22	122	24	105	20
1,2 - 1,4	178	42	164	39	133	24	103	10
ab 1,4	161	28	155	36	124	21	103	9

Tabelle 10.2.

Mädchen

HMV (%)

KOF-Gruppen	1. Belastung 15"		35"		60"	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	110	16	130	31	156	25
1,0 - 1,2	108	13	128	24	162	38
1,2 - 1,4	104	23	135	33	166	44
ab 1,4	105	13	130	26	153	32

KOF-Gruppen	1. Erholung 15"		35"		60"		120"	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	164	23	150	23	125	13	106	8
1,0 - 1,2	179	44	162	36	132	21	106	11
1,2 - 1,4	188	43	171	27	132	17	108	11
ab 1,4	164	32	144	21	122	18	105	12

Tabelle 10.3.

Jungen

HMV (%)

	2. Belastung					
KOF-Gruppen	15"		35"		60"	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	126	28	154	52	189	43
1,0 - 1,2	116	24	154	35	209	70
1,2 - 1,4	126	19	168	34	230	59
ab 1,4	122	23	140	28	201	22

	2. Erholung							
KOF-Gruppen	15"		35"		60"		120"	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	219	45	196	27	145	22	108	33
1,0 - 1,2	248	70	203	55	150	35	112	17
1,2 - 1,4	262	59	218	53	162	34	118	18
ab 1,4	243	34	213	38	161	28	118	15

Tabelle 10.4.

Mädchen

HMV (%)

KOF-Gruppen (qm)	2. Belastung 15" $\bar{x}$	s	35" $\bar{x}$	s	60" $\bar{x}$	s
bis 1,0	121	18	146	25	203	49
1,0 - 1,2	120	19	146	29	205	49
1,2 - 1,4	119	26	164	44	206	46
ab 1,4	118	21	150	35	202	48

KOF-Gruppen (qm)	2. Erholung 15" $\bar{x}$	s	35" $\bar{x}$	s	60" $\bar{x}$	s	120" $\bar{x}$	s
bis 1,0	215	28	169	28	141	20	114	13
1,0 - 1,2	243	38	213	34	159	23	121	21
1,2 - 1,4	267	54	251	44	188	39	139	25
ab 1,4	229	50	209	45	165	25	131	21

Tabelle 10.5.

Jungen

HMV (%)

KOF-Gruppen (qm)	3. Belastung 15" $\bar{x}$	s	35" $\bar{x}$	s	60" $\bar{x}$	s
bis 1,0	137	50	187	45	218	54
1,0 - 1,2	126	29	176	45	240	60
1,2 - 1,4	136	35	200	44	264	64
ab 1,4	137	22	185	52	231	52

KOF-Gruppen (qm)	3. Erholung 15" $\bar{x}$	s	35" $\bar{x}$	s	60" $\bar{x}$	s	120" $\bar{x}$	s	4' $\bar{x}$	s
bis 1,0	248	56	211	52	184	62	139	62	99	6
1,0 - 1,2	302	72	268	67	200	53	145	40	120	18
1,2 - 1,4	322	72	289	72	226	50	158	40	111	21
ab 1,4	293	25	266	39	216	34	149	34	120	19

Tabelle 10.6.

Mädchen

HMV (%)

KOF-Gruppen (qm)	3. Belastung 15" $\bar{x}$	s	35" $\bar{x}$	s	60" $\bar{x}$	s
bis 1,0	117	21	157	24	207	38
1,0 - 1,2	128	19	169	23	245	46
1,2 - 1,4	145	32	189	50	229	58
ab 1,4	126	27	182	44	232	52

KOF-Gruppen (qm)	3. Erholung 15" $\bar{x}$	s	35" $\bar{x}$	s	60" $\bar{x}$	s	120" $\bar{x}$	s	4' $\bar{x}$	s
bis 1,0	251	44	227	63	177	59	132	17	107	11
1,0 - 1,2	295	54	271	56	206	41	139	27	114	10
1,2 - 1,4	296	63	293	72	262	54	187	45	140	33
ab 1,4	281	59	276	70	231	62	163	35	125	21

Tabelle 10.7.

Jungen

HMV (%)

4. Belastung

KOF-Gruppen	15"		35"		60"	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	190	74	196	11	260	30
1,0 - 1,2	156	66	216	62	264	64
1,2 - 1,4	180	42	256	41	314	82
ab 1,4	131	27	229	69	249	71

4. Erholung

KOF-Gruppen	15"		35"		60"		120"		4'	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	283	64	228	75	239	71	204	98	146	47
1,0 - 1,2	302	54	238	6	172	18	140	25	114	6
1,2 - 1,4	367	80	348	72	271	40	203	28	126	13
ab 1,4	302	28	280	6	236	18	168	30	111	11

Tabelle 10.8.

Mädchen

HMV (%)

4. Belastung

KOF-Gruppen	15"		35"		60"	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	101	18	175	35	199	37
1,0 - 1,2	163	42	200	29	265	52
1,2 - 1,4	125	8	157	24	213	38
ab 1,4	155	29	205	27	283	63

4. Erholung

KOF-Gruppen	15"		35"		60"		120"		4'	
(qm)	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
bis 1,0	262	60	231	19	182	35	141	3	119	7
1,0 - 1,2	313	22	311	32	232	44	144	35	115	15
1,2 - 1,4	240	39	249	4	231	37	186	47	137	31
ab 1,4	335	84	356	75	294	77	181	63	142	19

Tabelle 11.

Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten des Zusammenhangs zwischen syst. Blutdruck und Frequenz am Ende der Belastung bei unterschiedlichen Altersgruppen

Altersgruppen (Jahren)	Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten Jungen	Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten Mädchen
7 und jünger	y = 0,185x + 80,6 y = 2,38x - 25,1 r = 0,272	y = 0,192x + 84,1 y = 0,866x - 20,0 r = 0,471
8	y = 0,109x + 101,7 y = 1,63x - 124,0 r = 0,258	y = 0,190x + 87,8 y = 1,69x - 141,1 r = 0,335
9	y = 0,495x + 55,5 y = 1,11x - 34,3 r = 0,667	y = 0,188x + 90,4 y = 1,30x - 84,4 r = 0,380
10	y = 0,457x + 60,5 y = 0,952x - 12,4 r = 0,693	y = 0,222x + 94,4 y = 1,68x - 131,3 r = 0,364
11	y = 0,341x + 86,2 y = 0,99x - 11,7 r = 0,587	y = 0,283x + 95,4 y = 1,97x - 164,0 r = 0,379
12	y = 0,173x + 106,7 y = 0,369x + 102,2 r = 0,253	y = 0,334x + 86,6 y = 1,14x - 31,0 r = 0,540
13 und älter	y = 0,317x + 94,8 y = 1,203x - 35,3 r = 0,513	y = 0,017x + 137,4 y = 10,06x - 1434,6 r = 0,041

Tabelle 12.

Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Austreibungszeit (LVET) und $\overline{RR}$-Intervall am Belastungsende bei unterschiedlichen Altersgruppen

Gewichts-gruppen(kg)	Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten Jungen	Mädchen
bis 30	y = 0,250x + 0,077	y = 0,249x + 0,085
	y = 0,575x - 0,055	y = 0,537x - 0,030
	r = 0,660	r = 0,681
30 - 40	y = 0,246x + 0,091	y = 0,270x + 0,074
	y = 0,618x - 0,618	y = 0,457x - 0,00053
	r = 0,631	r = 0,769
40 - 50	y = 0,285x + 0,071	y = 0,257x + 0,081
	y = 0,412x + 0,018	y = 0,474x - 0,009
	r = 0,832	r = 0,737
ab 50	y = 0,326x + 0,045	y = 0,322x + 0,053
	y = 0,478x - 0,017	y = 0,476x - 0,007
	r = 0,826	r = 0,822

Tabelle 13.

Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen absoluter QT-Zeit (sec) und relativer Belastung (Watt/qm) am Belastungsende bei zwei verschiedenen Altersgruppen

Altersgruppen (Jahre)	Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten	
	Jungen	Mädchen
9 und jünger	y = -0,0011x + 0,314	y = -0,0009x + 0,313
	y = -0,0024x + 0,386	y = -0,0011x + 0,379
	r = -0,672	r = -0,654
10 und älter	y = -0,00099x+ 0,342	y = -0,0011x + 0,336
	y = -0,0015x + 0,377	y = -0,0016x + 0,362
	r = -0,816	r = -0,848

Tabelle 14.

Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten des Zusammenhangs zwischen Schlagvolumen (SV) und Herzminutenvolumen (HMV) am Belastungsende bei verschiedenen aufgrund des Produkts Gewicht x Größe gebildeten Gruppen

Produkt Gewicht x Größe (kgm)	Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten	
	Jungen	Mädchen
bis 40	y = 0,560x + 54,7	y = 0,468x + 67,6
	y = 0,943x - 31,4	y = 1,048x + 68,8
	r = 0,771	r = 0,668
40 - 50	y = 0,523x + 62,3	y = 0,467x + 60,0
	y = 0,686x + 22,5	y = 0,578x + 33,4
	r = 0,873	r = 0,899
50 - 60	y = 0,474x + 73,8	y = 0,504x + 59,7
	y = 0,621x + 33,4	y = 1,041x - 71,3
	r = 0,874	r = 0,696
ab 60	y = 0,431x + 86,7	y = 0,385x + 91,6
	y = 0,971x - 50,8	y = 0,690x + 12,9
	r = 0,666	r = 0,747

Tabelle 15.

Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Blutdruckamplitude und Schlagvolumen am Belastungsende bei verschiedenen Körperoberflächengruppen

KOF-Gruppen (qm)	Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten	
	Jungen	Mädchen
bis 1,0	y = 0,059x + 34,8	y = 0,063x + 41,2
	y = 1,610x - 242,8	y = 2,315x - 325,9
	r = 0,191	r = 0,165
1,0 - 1,2	y = 0,015x + 51,4	y = 0,152x + 24,7
	y = 6,711x - 1169,8	y = 0,865x - 107,8
	r = 0,048	r = 0,419
1,2 - 1,4	y = 0,206x + 22,9	y = 0,069x + 47,5
	y = 0,743x - 83,6	y = 3,906x - 653,1
	r = 0,526	r = 0,133
ab 1,4	y = 0,165x + 37,2	y = 0,049x + 55,4
	y = 0,962x - 120,8	y = 1,488x - 205,8
	r = 0,414	r = 0,182

Für die Bereitstellung des Themas dieser Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. Apitz, Ärztlicher Direktor der Abteilung für Pädiatrische Kardiologie der Universitätskinderklinik Tübingen, danken.
Desgleichen gilt mein Dank den Mitarbeitern seiner Abteilung für Beratung und Hilfe bei der Erstellung der Arbeit.

Tabellarischer Lebenslauf

Name:	Annette Walz	
Geburtstag:	27. 7. 1956	
Geburtsort:	Tübingen	
Familienstand:	ledig	
Staatsangehörigkeit:	deutsch	
Schulbesuch:	1963 - 1966	Grundschule Walddorf
	1966 - 1970	Realschule Nagold
	1970 - 1975	Gymnasium Nagold
	1975	Abitur
Studium:	1975 - 1982	Humanmedizin an der Universität Tübingen
	1981 - 1982	Praktisches Jahr am Diakonissenkrankenhaus, Stuttgart mit Wahlfach Pädiatrie am Olgahospital, Stuttgart
	26. 4. 1982	mündlicher Teil des Dritten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung in Stuttgart